

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERAS ELECTRÓNICAS

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA VOZ SOBRE IP
PARA LAS MICROEMPRESAS PRODUCTORAS DE QUESO EN
LA PARROQUIA SALINAS DE GUARANDA**

AUTORAS:

**JOHANNA ELIZABETH CRUZ
SANDOVAL**

**ANDREA GABRIELA
GUACOLLANTES AGUILAR**

TUTOR:

LENIN WLADIMIR AUCATOMA GUAMÁN

Quito, agosto del 2019


CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Johanna Elizabeth Cruz Sandoval y Andrea Gabriela Guacollantes Aguilar, con documentos de identificación N° 1722740394 y N° 1722215108, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación intitulado: “ DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VOZ SOBRE IP PARA LAS MICROEMPRESAS PRODUCTORAS DE QUESO EN LA PARROQUIA SALINAS DE GUARANDA ”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Electrónicas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Johanna Elizabeth Cruz
Sandoval
C.I. No.:1722740394



Andrea Gabriela Guacollantes
Aguilar
C.I. No.:1722215108

Quito, agosto 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VOZ SOBRE IP PARA LAS MICROEMPRESAS PRODUCTORAS DE QUESO EN LA PARROQUIA SALINAS DE GUARANDA, realizado por Johanna Elizabeth Cruz Sandoval y Andrea Gabriela Guacollantes Aguilar, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2019



Ing. Lenin Wladimir Aucatoma Guamán

C.I. No.:1717985830

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi familia, mi pilar fundamental para seguir adelante los amo y son lo mejor que Dios me pudo entregar. A mi mamita Blanqui mi mayor ejemplo a seguir eres una mujer fuerte, valiente, constante, tu amor es incondicional, gracias a ti soy la mujer que soy. Mi papito Wilson, mis hermanas queridas Carolina, Anita y mi sobrino Mathias quien es una luz en nuestras vidas, mi abuelita Luz que desde cielo siempre está cuidándome, mi Wapon donde quiera que estés te llevo en mi corazón por siempre.

Johanna Cruz

Dedico el presente trabajo a mi esposo Byron Ortiz, mi princesa Kimberly Ortiz, mis padres Rosita y Juan por ser un ejemplo de trabajo, lucha y esfuerzo diario, a mis hermanos amigos y cómplices de mi vida, a mi tía Tere por su tiempo y dedicación para cuidar de mí y de mis hermanos y ser como una segunda madre, les dedico este trabajo porque han sido el pilar fundamental para mí, siempre he contado con su apoyo incondicional.

Andrea Guacollantes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque me ha permitido estar donde estoy, al Ingeniero Lenin quien ha sido participe en este proceso con su apoyo y enseñanza nos ha sabido guiar hasta culminar una etapa más de nuestras vidas, mi compañera de tesis Andrea quien en conjunto hemos logrado culminar este proyecto. A la Universidad Politécnica Salesiana por abrirme las puertas y permitirme terminar mis estudios. Al Ingeniero César G. gran persona, gran amigo gracias por su apoyo incondicional. A la familia Ávila Jara un agradecimiento especial. Amigas y amigos es la familia que uno escoge gracias por sus palabras de aliento, su apoyo, su presencia en mi vida. No ha sido fácil todo esto, pero ustedes más que nadie lo conocen, los quiero un mundo Lili, Vero, Willi, Dany, Guti, David.

Johanna Cruz

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme el regalo de la vida, por cada enseñanza nueva.

A mi esposo Byron Ortiz por su apoyo, amor y paciencia incondicional, por ser mi compañero ideal, por sus consejos y porque su vida ha sido un reflejo para hacerme una mejor persona, este logro también es suyo porque ha estado en cada momento de este camino animándome a salir adelante, eres lo mejor que me ha pasado, siempre te volvería a elegir una y mil veces como mi compañero de vida, te amo.

A mi hija Kimberly Ortiz porque con cada sonrisa me hace recordar que todo esfuerzo vale la pena, por ser la luz de mi vida, porque sé que robe parte del tiempo que le correspondía por cumplir esta meta, te amo mi princesa.

A mis padres porque nunca me han dejado de apoyar, siempre han estado a mi lado en los buenos y malos momentos, me han sabido educar con principios y valores y eso les agradezco más que nada en el mundo, con este trabajo quiero recompensarles por todo el esfuerzo que han hecho por mí y mis hermanos. Me han demostrado su amor incondicional y quiero decirles que todo ha valido la pena. Mil gracias a los dos.

A mis hermanos María Belén y Juan Esteban porque han estado siempre prestos a brindarme su apoyo y consejos, porque, aunque cada uno tiene ahora un camino diferente, no olvido nuestra niñez juntos, y me alegra que poco a poco los 3 estemos cumpliendo nuestras metas, les quiero mucho.

A mis suegros porque han llegado a ser parte importante de mi vida y a quienes aprecio mucho, gracias por los consejos, sin su apoyo y el de mis padres no hubiera podido culminar mi carrera universitaria. A mi tutor por el apoyo y la paciencia brindada para poder culminar este proyecto técnico.

Andrea Guacollantes

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AGRADECIMIENTO	v
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Metodología	2
1.4.1 Fase de Experimental	2
1.4.2 Fase Deductiva.....	3
CAPÍTULO 2.....	4
2.1 Voz sobre IP.....	4
2.2 Protocolos	4
2.3 Códex para telefonía IP	4
2.4 Dispositivos terminales de una red de VoIP	4
2.4.1 Softphones (Teléfonos Virtuales Ip)	4
2.4.2 Teléfonos IP	4
2.4.3 ATA (Adaptadores analógicos)	5
2.5 Centrales en una red de telefonía IP.....	5
2.5.1 Central PBX en VOIP (Private Branch Exchange).....	5
2.6 Calidad de servicio y calidad de la experiencia	5
2.6.1 Factores que afectan la calidad de voz en redes IP	5
2.7 Medida de la calidad de voz.....	7
2.8 Políticas de control de calidad	7
2.8.1 FIFO (el primero que entra es el primero que sale)	7
2.8.2 WFQ (Weighted Fair Queuing)	7
2.8.3 CBWFQ (Class – Based Weighted Fair Queuing).....	7
2.8.4 LLQ (Low Latency Queuing)	7
2.9 Proceso de Calidad de Servicio (QoS).....	8

2.10	Ingeniería de tráfico	8
CAPÍTULO 3.....		10
3.1	Estado actual de la red	10
3.2	Datos Técnicos de las queseras y nodos principales	12
3.3	Diseño Lógico	12
3.3.1	Cálculo del número de líneas telefónicas	12
3.3.2	Cálculos del ancho de banda en VoIP	14
3.3.3	Cálculos del ancho de banda de tráfico Aplicaciones	16
3.3.4	Cálculos del ancho de banda de tráfico Acceso a Internet	17
3.3.5	Cálculos del ancho de banda de tráfico Correo electrónico	17
3.3.6	Cálculos del ancho total usado por las aplicaciones prioritarias	18
3.3.7	Direccionamiento IP	18
3.3.8	Selección de la topología de red	18
3.4	Diseño físico	19
3.4.1	Equipos propuestos	19
3.5	Diagrama del Diseño Propuesto.....	23
3.6	Escalabilidad y tolerancia a fallos.....	23
3.7	Diseño de QoS	23
3.7.1	Marcado de tráfico	23
3.7.2	Capa de acceso.....	24
3.7.3	Calidad de servicio en dispositivos de capa 3	26
3.7.4	Servicios Integrados (DiffServ)	26
3.7.5	Marcado de paquetes en capa 7 para infraestructura Cisco (NBAR2).....	28
3.7.6	Marcado de paquetes en capa 7 para infraestructura Mikrotik	29
3.8	Open DNS	32
3.9	Simulación en GNS3 de un sistema de VoIP con QoS en infraestructura CISCO	33
3.10	Software PRTG.....	33
3.11	Tráfico FTP y VoIP	34
3.12	Simulación en GNS3 de un sistema de VoIP con QoS en infraestructura MIKROTIK.....	35
3.12.1	Creación de Políticas.....	35
3.12.2	Marcado por conexión	36
3.12.3	Marcado por paquetes	37
3.12.4	Limitación de ancho de banda	39
3.13	OPNET.....	39
CAPÍTULO 4.....		40
4.1	Configuración del ELASTIX	40
4.1.1	Creación de extensiones.....	40
4.1.2	Creación de troncales	41
4.1.3	Creación de rutas entrantes	42

4.1.4	Creación de rutas salientes	42
4.2	Instalación y configuración del softphone	43
4.3	Configuración de QoS.....	44
4.4	Configuración ATA	46
4.4.1	Configuración puerto FXS (Foreign eXchange Subscriber).....	47
4.4.2	Configuración puerto FXO	48
4.5	Viabilidad del proyecto.....	48
4.5.1	VAN (Valor Neto Actual).....	49
4.5.2	Cálculo del VAN.....	51
4.5.3	TIR (Tasa Interna de Retorno).....	51
4.5.4	Periodo de recuperación del capital (PRC)	52
CAPÍTULO 5.....		53
5.1	Análisis de las gráficas obtenidas en simulación	53
5.2	Análisis de las gráficas obtenidas en la implementación	57
CONCLUSIONES		58
RECOMENDACIONES.....		59
REFERENCIAS.....		60

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Proceso de Marcado de Paquetes.....	8
Figura 3.1 Comunicación de los radio enlaces PTP entre Cooperativa Salinas Ltda., Cerro San Vicente y Radio Salinerito.	10
Figura 3.2 Topología actual de la red.....	11
Figura 3.3 Tiempo de ocupación por hora del 21 de septiembre	13
Figura 3.4 Calculo de líneas externas mediante Erlang B	14
Figura 3.5 Calculadora de Ancho de Banda para VoIP.	16
Figura 3.6 Diseño Físico de red para un sistema de VoIP	23
Figura 3.7 Diseño de red propuesto	23
Figura 3.8 Capa de acceso.....	24
Figura 3.9 Trama Ethernet con encapsulación 802.1q.....	24
Figura 3.10 Limites de confianza.....	25
Figura 3.11 Núcleo Colapsado.....	25
Figura 3.12 Trama Ethernet con encapsulación 802.1q.....	26
Figura 3.13 Configuración NBAR2	29
Figura 3.14 Lista de nombres para indicar un dominio	29
Figura 3.15 Configuración de bloqueo en capa 7	30
Figura 3.16 Descarte de paquetes de capa 7	30
Figura 3.17 Asignación de lista de posibles dominios.....	30
Figura 3.18 Descarte de paquetes.....	31
Figura 3.19 Dominio de YouTube bloqueado.....	31
Figura 3.20 Aplicación de bloqueo	31
Figura 3.21 Configuración Open DNS	32
Figura 3.22 Tráfico bloqueado en Open DNS	32
Figura 3.23 Diagrama de red para la simulación	33
Figura 3.24 Sensor QoS	34
Figura 3.25 Servidor FTP.....	34
Figura 3.26 Softphone Xlite en llamada	34
Figura 3.27 Diagrama simulado en GNS3	35
Figura 3.28 Creación de Política QoS.....	36
Figura 3.29 Creación de Política QoS.....	36
Figura 3.30 Marcado por conexión.	36

Figura 3.31 Asignar un nombre al marcado por conexión.....	37
Figura 3.32 Marcado por paquetes.....	37
Figura 3.33 Asignación de Parámetro DSCP.....	37
Figura 3.34 Asignar un nombre al marcado por paquetes.	38
Figura 3.35 Clases de QoS.....	38
Figura 3.36 Lista de paquetes marcados.	38
Figura 3.37 Asignación de ancho de banda.	39
Figura 3.38 Simulación en OPNET.	39
Figura 4.1 Configuración de Extensiones en Elastix.	40
Figura 4.2 Configuración Extensión Radio Salinerito	40
Figura 4.3 Configuración contraseña	41
Figura 4.4 Configuración Troncal en Elastix.....	42
Figura 4.5 Configuración de Rutas Entrantes	42
Figura 4.6 Configuración de Rutas Salientes	43
Figura 4.7 Estado de conexión de Softphone XLite	43
Figura 4.8 Estado de softphone habilitado.....	44
Figura 4.9 Configuración para marcar paquetes de salida	44
Figura 4.10 Configuración para marcado de paquetes de entrada	45
Figura 4.11 Configuración de marcado de paquetes de VoIP.....	45
Figura 4.12 Configuración de ancho de banda y prioridad de los paquetes de VoIP.....	46
Figura 4.13 Configuración de ancho de banda y prioridad para el tráfico que no es de VoIP en la red la Radio Salinas.....	46
Figura 4.14 Configuración básica del Gateway de voz.....	47
Figura 4.15 Apuntamiento al Servidor Elastix desde el Gateway de voz.....	47
Figura 4.16 Configuración de tonos de llamada.	47
Figura 4.17 Configuración Puerto FXS	48
Figura 4.18 Configuración del puerto FXO	48
Figura 4.19 Configuración del método DTMF	48
Figura 5.1 Grafica de Resultados obtenidos en la simulación	53
Figura 5.2 Ancho de banda antes y después de aplicar QoS.....	54
Figura 5.3 Gráfica de Jitter.	55
Figura 5.4 Gráfica de Delay.	55
Figura 5.5 Graficas de rendimiento.....	56
Figura 5.6 Grafica de perdida de paquetes.....	56

Figura 5.7 Resultados obtenidos en el Router Mikrotik	57
-------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Rangos de Tolerancia de demora	6
Tabla 3.1 Datos Geográficos y Técnicos de las Principales Queseras.....	12
Tabla 3.2 Número de llamadas diarias	13
Tabla 3.3 Datos técnicos para el cálculo del ancho de banda de VoIP.....	14
Tabla 3.4 Formato de la trama Ethernet.....	15
Tabla 3.5 Tabla de ancho de banda de la FCC.....	16
Tabla 3.6 Rango de direcciones a utilizar	18
Tabla 3.7 Router recomendados en el diseño.....	19
Tabla 3.8 Router recomendado para las queseras	20
Tabla 3.9 Switch recomendado en el diseño	20
Tabla 3.10 Características Técnicas antena Ubiquiti	21
Tabla 3.11 Características Técnicas Gateway de voz	21
Tabla 3.12 Características técnicas servidor Elastix	22
Tabla 3.13 Parámetros PHB	27
Tabla 3.14 Resumen del diseño de QoS.....	28
Tabla 4.1 Extensiones asignadas a cada una de las Queseras de Salinas.....	41
Tabla 4.2 Detalle de inversión inicial	49
Tabla 4.3 Aproximación de gastos generados por las llamadas.....	50
Tabla 4.4 Calculo de Flujo Neto Efectivo.....	51
Tabla 5.1 Resultados del sistema VoIP con y sin QoS	54

RESUMEN

La Parroquia Salinas de Guaranda esta ubicada en la provincia de Bolívar, actualmente cuenta con microempresas dedicadas a la producción de quesos, chocolates, cárnicos, lácteos, confites y textiles, las mismas que forman parte del Grupo Salinerito, y se encuentran ubicadas en las comunidades aledañas a la parroquia, el problema central radica en que, a pesar de que existe una red convergente, no todas las comunidades tienen acceso al servicio telefónico tradicional también llamado PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada), adicional a ello entre las comunidades existe una distancia considerable, lo hace que la comunicación sea limitada y poco eficiente, con la falta de telefonía se trastocan los procesos de venta, producción y comercialización de los bienes que producen, esto debido a la falta de comunicación entre la zona urbana y la zona rural de la región; como consecuencia de esto, las pérdidas se ven reflejadas en la economía de las comunidades, que con una mejora tecnológica pueden aprovechar mejor los recursos, por lo tanto, es necesario mejorar la comunicación entre todas comunidades, en especial en las que no existe servicio telefónico convencional PSTN, dando lugar así al estudio para el diseño e implementación de un sistema de Voz sobre IP.

ABSTRACT

The Salinas de Guaranda Parish is located in the province of Bolívar, currently has microenterprises dedicated to the production of cheeses, chocolates, meat, dairy, confectionery and textiles, which are part of the Salinerito Group, and are located in the communities surrounding the parish, the central problem is that, although there is a converged network, not all communities have access to the traditional telephone service also called PSTN (Public Switched Telephone Network), in addition to this between the communities there is a distance considerable, it makes communication limited and inefficient, with the lack of telephony the processes of sale, production and marketing of the goods they produce are disrupted, this due to the lack of communication between the urban area and the rural area of the region; as a consequence of this, the losses are reflected in the economy of the communities, which with a technological improvement can make better use of resources, therefore, it is necessary to improve communication between all communities, especially in which there is no telephone service conventional PSTN, thus giving rise to the study for the design and implementation of a Voice over IP system.

INTRODUCCIÓN

En este proyecto se desarrollará el diseño de un Sistema de VoIP aplicando calidad de servicio para las microempresas productoras de Queso del Grupo Salinas, también se estudia la viabilidad y rentabilidad del mismo en relación a la inversión inicial y la retribución económica que representa a futuro. El diseño e implementación del proyecto beneficiará en gran medida la calidad de comunicación entre comunidades en tiempo real, optimización de recursos, integridad de datos lo que conlleva a una mejora para el crecimiento de las microempresas productoras de queso. Dicho documento está descrito en cinco capítulos detallados a continuación:

En el primer capítulo se detalla la justificación, objetivos, metodología a llevarse a cabo para el desarrollo del proyecto técnico.

En el segundo capítulo se describe el marco teórico para entendimiento de parámetros tecnológicos, y uso de la calidad de servicio en VoIP.

El Tercer capítulo muestra el diseño del sistema de VoIP para las 14 queseras dentro de la red actual. Se realiza un levantamiento de información técnica TSS el cual se establece la línea base y permite desarrollar el diseño del sistema de telefonía VoIP con parámetros de QoS.

Además, se realiza la simulación en el programa GNS3 donde se efectúa el funcionamiento de telefonía IP entre cuatro puntos tomados como ejemplo, igualmente se aplica técnicas de QoS y utilización de herramientas que nos permiten generar tráfico dentro de la red virtual.

En el cuarto capítulo se detalla la implementación del proyecto en dos puntos Pambabuela y Yacubiana.

Finalmente, en el quinto capítulo se detalla resultados, conclusiones y recomendaciones en base a los datos obtenidos en la simulación e información recopilada en la implementación del proyecto.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

El Grupo Salinerito dispone de una red convergente para implementar diferentes servicios, sin embargo, parte de las queseras de Salinas de Guaranda debido a su ubicación geográfica no cuentan con acceso al servicio telefónico convencional a este problema se suma la distancia que existe entre una comunidad y la otra, imposibilitando la producción, comercialización e intercambio de productos de manera inmediata entre queseras para así abastecer la demanda existente del mercado.

Además, las pocas queseras que cuentan con servicio telefónico debido al elevado volumen de llamadas adquieren un alto valor en sus plantillas telefónicas afectando así su economía.

1.2 Justificación

Considerando el importante crecimiento que han experimentado las microempresas productoras de queso del Grupo Salinas es necesario el diseño de un sistema de VoIP, aprovechando la infraestructura de red existente permitirá el envío de voz sobre el protocolo IP. Al plantear este diseño se verán beneficiadas las comunidades Apagua, Punín, Pambabuela, Natahua, Verdepamba, Yacubiana, Salinas, Monoloma, La Palma, Guarumal, Chazojuan, Tigreurco, Los Arrayanes, Lanzauro donde se localizan las microempresas las cuales diariamente se comunican a través de la telefonía tradicional PSTN, hecho por el cual al ser sustituido por esta nueva tecnología a largo plazo se verá solucionado el problema de comunicación para aquellas queserías que no cuentan con acceso al servicio telefónico. Actualmente la red cuenta con 10 Mbps entregado por el Proveedor de Servicios de Internet a la Radio Salinas y 3Mbps entregados a las queseras, con este ancho de banda es posible implementar QoS, evitando así problemas en la calidad de servicio para la red de voz que funcionará durante la jornada laboral de las queserías, logrando tener un mejor desempeño en la red sin afectar los demás servicios y actividades por parte de los usuarios. Es importante realizar un costeo de equipos y dispositivos que conforman un sistema de VoIP para la implementación parcial del proyecto donde queda a disposición por parte

del Grupo Salinas elegir la mejor opción presupuestaria.

El diseño del sistema VoIP integra a las queserías que llegan a un nodo central en el cual se encuentra el servidor de telefonía VoIP, en cuanto a la implementación se tomara 2 puntos (queseras) para pruebas e instalación de dispositivos finales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de un sistema de comunicación utilizando tecnología de Voz sobre IP para la mejora de la comunicación entre las microempresas productoras de queso del Grupo Salinas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las necesidades y requerimientos para la red VoIP mediante un Technical Site Survey (TSS).
- Diseñar la red de telefonía VoIP con parámetros de QoS para el mejoramiento del servicio entre las microempresas productoras de queso.
- Implementar un prototipo del sistema de VoIP en dos puntos (queserías) con los equipos disponibles en el Grupo Salinas, para la verificación del funcionamiento del sistema VoIP.
- Analizar la viabilidad de costos del proyecto para el diagnóstico de la factibilidad de implementación del sistema de Voz sobre IP.

1.4 Metodología

La metodología escogida para este proyecto se ha dividido en dos fases:

Fase 1: Experimental

Fase 2: Deductiva

1.4.1 Fase de Experimental

Esta fase muestra la topología de red propuesta o la reestructuración de la topología actual, esta etapa propone el planeamiento de seguridad, administración de la red, modelo de direccionamiento IP además de la selección de protocolos de conmutación

y enrutamiento.

Esta etapa se compone de: topología de red, modelo de direccionamiento, implementación de 2 puntos, test de funcionamiento del sistema, desarrollo de estrategias de seguridad, características que ofrece cada dispositivo como: (Escalabilidad, rendimiento, factor económico, etc.)

1.4.2 Fase Deductiva

En esta fase se pretende mostrar los resultados obtenidos en base a las pruebas realizadas de telefonía, y determinar si el diseño realizado podría ser viable para su futura implementación total, también se documenta el diseño de red.

Documentación del diseño de red.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se revisará brevemente conceptos básicos de los sistemas de VoIP, equipos a utilizar y la calidad de servicio, así como la calidad de la experiencia que prestan estos sistemas, según los requerimientos de la red.

2.1 Voz sobre IP

Un sistema VoIP se basa en interconectar y acoplar la red de telefonía tradicional con una red de telefonía de datos, este sistema transforma las conversaciones en paquetes de datos entendibles para la red y los envía mediante internet. (Escobar, 2012) (Joskowicz J. , 2013)

2.2 Protocolos

Los protocolos IP se encargan de que las ondas de sonido que genera el usuario sean traducidas a paquetes de datos IP, para poderlas transmitir por un canal. En el anexo 1 se pueden ver los protocolos más utilizados en la actualidad. (Escobar, 2012)

2.3 Códecs para telefonía IP

Un códec de audio codifica la señal de voz para transmitirla por medio de la red IP con protocolos SIP, H. 323 u otro y decodificarlo en el terminal correcto. Según el códec que se utilice para la transmisión de voz se determinará el ancho de banda, con un ancho de banda amplio se tendrá mejor calidad de transmisión de paquetes de voz. La lista de los códecs más utilizados se puede ver en el anexo 2. (Quiñónez, 2014)

2.4 Dispositivos terminales de una red de VoIP

2.4.1 Softphones (Teléfonos Virtuales Ip)

El softphone es un software que se instala en una PC, y necesita de una pequeña configuración y un micrófono para establecer una llamada. (Anaya, 2013)

2.4.2 Teléfonos IP

Son dispositivos que tienen las características necesarias para manejar información IP. Se pueden conectar a la red de VoIP sin la necesidad de una PC. (Gorrotxategi & Baz)

2.4.3 ATA (Adaptadores analógicos)

Los Adaptadores analógicos permiten que un teléfono tradicional puede implementarse en la estructura de VoIP, el adaptador transforma la señal analógica en una que pueda ser manejada por la red IP . (Escobar, 2012)

2.5 Centrales en una red de telefonía IP

Existen centrales digitales y analógicas que pueden convivir en un sistema de VoIP, también hay centrales de uso libre que se pueden implementar para el uso de telefonía IP, a continuación, se detallaran. (Criollo, 2015)

2.5.1 Central PBX en VOIP (Private Branch Exchange)

Posee la tecnología para dar servicio a una red IP, tiene puertos de conexión para centrales analógicas y digitales para que puedan convivir en la misma red, cada vez que se realiza una llamada interna es dirigida por la PBX desde el usuario inicial al final sin que la llamada salga a la red pública conmutada. (Anaya, 2013)

2.6 Calidad de servicio y calidad de la experiencia

La telefonía IP presenta diferentes problemas que afectan la calidad de servicio QoS, así como la calidad de la experiencia QoE de los usuarios, los cuales se dan por varios factores entre los más importantes están: retardos, pérdida de paquetes y jitter, para el uso de esta telefonía en redes corporativas es necesario garantizar una calidad de voz aceptable para una buena comunicación. La calidad de servicio nos permite controlar la congestión cuando la demanda de ancho de banda no es suficiente, también nos permite priorizar tipos de servicios según su función, nos da la oportunidad de asignar el ancho de banda según el perfil de tráfico. (Joskowicz J. S., 2015)

2.6.1 Factores que afectan la calidad de voz en redes IP

2.6.1.1 Factores de compresión y codificación

Para transmitir la voz por una red IP se digitaliza y codifica la señal, para lo cual se usa procesos de compresión pueden causar la degradación de la señal.

2.6.1.2 Pérdida de paquetes

Para el tráfico en tiempo real, no es común devolver confirmación de recibido, ya que por lo general este tipo de tráfico se envía por un canal seguro, no obstante, en las redes IP siempre se está expuesto a pérdidas de paquetes, y al no tener un acuse de recibido el paquete es desechado automáticamente, en el caso de que la pérdida sea pequeña, entonces la degradación será aceptable. (Caiza, 2011)

2.6.1.3 Demora

Demora por algoritmos de compresión: Si mayor es la compresión, el códec necesita más tiempo para codificar una muestra, por lo tanto, hay más demora en el proceso.

Las demoras de procesamiento es el tiempo usado para procesar la voz e implementar un protocolo, las demoras por pérdidas es la congestión, pérdidas de paquetes y velocidad de transmisión, con demoras propias de la red. Las demoras afectan la calidad de la conversación como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.1 Rangos de Tolerancia de demora

Delay	Efecto
≤ 100 ms	La demora es tolerada, para los usuarios es casi imperceptible
100 a 200 ms	Las demoras se hacen más notorias para los usuarios
≈ 300 ms	La conversación se hace poco natural
> 300 ms	La demora es crítica y la conversación se torna dificultosa

Rango de tolerancia de demora para los usuarios finales, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

2.6.1.4 Eco

El eco es un efecto secundario producido por la demora, cuando el lapso desde que se habla hasta que retorna la voz superó los -25dB el eco es perceptible.

2.6.1.5 Jitter

Es la variación de la latencia, como los paquetes se deben recibir en intervalos constantes, los receptores disponen de un buffer que es el encargado de disminuir el efecto de las demoras, recibiendo los paquetes en intervalos variables y devolviéndolos en intervalos constantes. Los valores umbrales recomendados para una buena calidad

de VoIP se encuentran en el anexo 4. (Joskowicz J. , 2013)

2.7 Medida de la calidad de voz

Para este procedimiento existen varios métodos y se dividen en objetivos y subjetivos. Los métodos subjetivos se basan en la opinión del usuario, generalmente es el promedio de opiniones de un número de usuarios (MOS = Mean Opinion Store). Los métodos objetivos se dividen en intrusivos que es cuando se introduce una señal conocida en el canal y se analiza la degradación a la salida y los no intrusivos que se refieren al monitoreo en un punto de la red y por medio de este se analiza la calidad de voz que recibe el usuario en tiempo real. (Joskowicz J. S., 2015)

2.8 Políticas de control de calidad

2.8.1 FIFO (el primero que entra es el primero que sale)

No hay prioridad ni clasificación, los paquetes se transmiten en el orden que se reciben.

2.8.2 WFQ (Weighted Fair Queuing)

WFQ ofrece un método automático de priorización para identificar y clasificar tráfico en diferentes flujos de forma dinámica, evitando que un flujo consuma todo el ancho de banda disponible. No utiliza ACLs para definir las colas, a diferencia de CBWFQ.

2.8.3 CBWFQ (Class – Based Weighted Fair Queuing)

CBWFQ se basa en WFQ, es decir define las clases utilizando ACLs de manera que cada clase funcione como FIFO individualmente, a cada clase se le asigna un ancho de banda, un peso y un máximo de envío de paquetes, este es el ancho de banda garantizado durante periodos de congestión y por defecto se ejecuta *Tail drop* (descartar paquetes al final de la cola) en congestión.

2.8.4 LLQ (Low Latency Queuing)

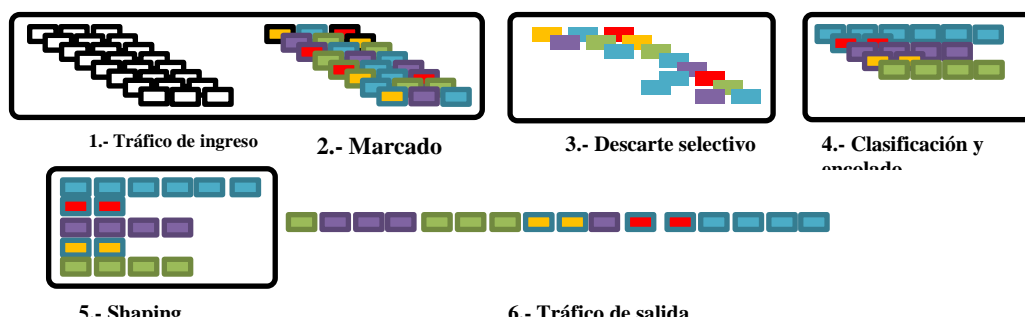
Incorpora mecanismos de PQ (Priority Queuing) a CBWFQ. PQ asigna prioridad a paquetes sensibles a latencia, es transmitido antes que otras clases, sin LLQ, no se ofrece ninguna clase predeterminada para el tráfico en tiempo real. (Salazar, 2016)

2.9 Proceso de Calidad de Servicio (QoS)

El proceso para aplicar QoS a un paquete es el siguiente:

1. Tráfico de ingreso: Es el tráfico que ingresa para aplicar QoS.
2. Marcado de tráfico: Antes de aplicar una política de QoS, un paquete debe ser marcado como se verá en el apartado 3.7.1.
3. Descarte selectivo: Se hace un descarte selectivo antes de ingresar al router para el tipo de tráfico que no se quiere que pase.
4. Clasificación y Encolado: Se lo realiza con los diferentes métodos como WFQ, CBWFQ, LLQ, etc.
5. Shaping: Aplica políticas de ancho de banda.
6. Tráfico de salida: Tráfico de salida ordenado según las políticas de QoS establecidas por el usuario. (Cisco, 2017)

Figura 2.1 Proceso de Marcado de Paquetes



Proceso de marcado de paquetes paso a paso, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

2.10 Ingeniería de tráfico

Para un correcto dimensionamiento de un sistema de VoIP, lo primero que se debe saber es la intensidad de tráfico, la cual se conoce mediante un periodo de análisis y observación, de donde se determina el día y la hora en el que el sistema telefónico tiene su máximo de ocupación.

- Pico de hora Ocupada: La hora que mayor tráfico tiene por día.
- Tiempo de ocupación: Tiempo en el cual una línea está ocupada ininterrumpidamente.
- Tiempo medio de ocupación (t'): Tiempo promedio en el que una línea se encuentra ocupada.

$$t' = \frac{t}{n} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

- Erlang: Medida de intensidad de tráfico.
- Volumen de tráfico: Tiempo total en el cual las líneas telefónicas del sistema están ocupadas.

$$V = \sum n_i * t_i = n * t' \quad \text{Ec. (2.2)}$$

V: volumen de trafico

n: número de llamadas

ti: tiempo de duración de cada llamada

t' tiempo promedio de duración de todas las llamadas

- Intensidad de tráfico: Indica la cantidad de ocupaciones que en promedio existen al mismo tiempo.

$$A = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

A: Intensidad de tráfico

V: volumen de tráfico

T: periodo de observación

- Tráfico cursado (Y): Es el tráfico que ha cursado eficientemente por un canal.
- Tráfico perdido (R): Es el tráfico que no puede ser cursado debido a congestión.
- Tráfico ofrecido (A): Es todo el tráfico que pretende ser cursado por el sistema.

$$A = Y + R \quad \text{Ec. (2.4)}$$

- Congestión: Es el estado en el que se imposibilita la comunicación, debido a que todas las líneas se encuentran ocupadas y se crea una sobredemanda.
- Grado de servicio (GoS): Probabilidad de pérdida de una llamada. Este valor se determina cubriendo las necesidades de QoS de extremo a extremo, por lo general el valor predeterminado de perdida es 1%. (Cueva, 2010)

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED DE VOIP

En este capítulo se desarrolla el diseño físico y lógico del sistema de VoIP aplicando calidad de servicio, partiendo de un estudio previamente realizado obtenido mediante un TSS.

3.1 Estado actual de la red

Las queseras del Grupo Salinerito posee una red tipo bus estrella, se conectan de manera inalámbrica a través de enlaces punto a punto PTP y punto multipunto, permitiendo la conectividad del servicio de internet por medio del proveedor de servicios Telconet el cual entrega un ancho de banda de 120 Mbps y CNT entrega 55 Mbps, ambos ISP's llegan a la Cooperativa Salinas Ltda. a través de fibra óptica.

Una vez que esté establecida la última milla desde la Cooperativa Salinas Ltda. y a través de un enlace inalámbrico PTP se conecta con el primer nodo ubicado en el Cerro San Vicente desde ahí mediante otro enlace PTP se comunica con la Radio Salinerito como se muestra en la figura 3.1.

Figura 3.1 Comunicación de los radio enlaces PTP entre Cooperativa Salinas Ltda., Cerro San Vicente y Radio Salinerito.



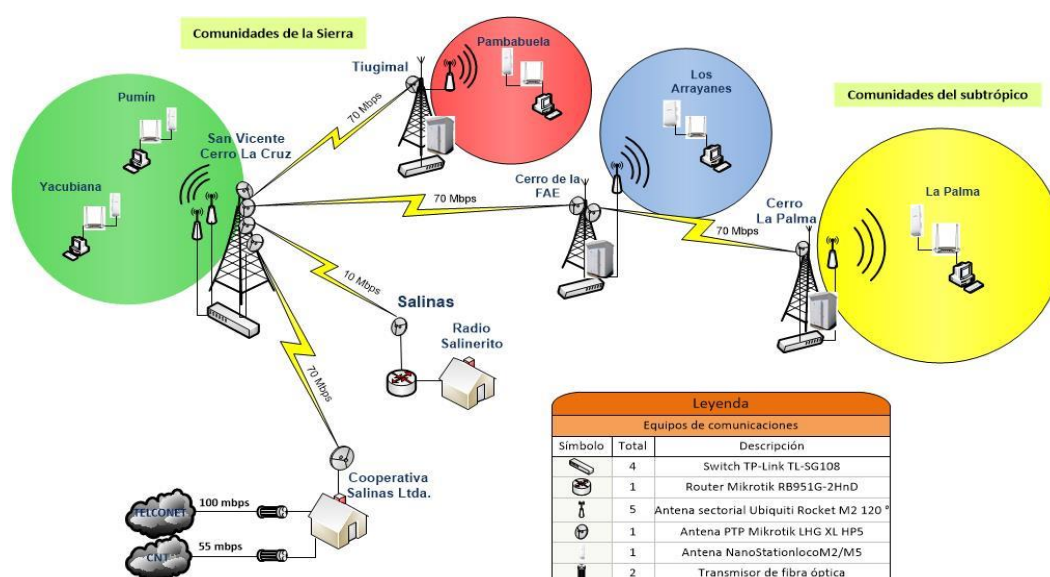
Diagrama de ubicación de radio enlaces, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes. Fuente Google Maps.

Desde el Cerro San Vicente es necesario establecer un enlace punto multipunto que permite comunicar a la gran mayoría de queseras ubicadas en la sierra a través de dos antenas sectoriales de 120°. En cambio, desde el repetidor Cerro LA FAE comunica a

la quesera ubicada en Los Arrayanes. Las comunidades del subtrópico se conectan a la red mediante enlace punto multipunto con el segundo nodo principal La Palma. En cada uno de los enlaces inalámbricos se entrega un ancho de banda de 70Mbps. Cada quesera perteneciente a esta red y cliente final recibe un promedio de 3Mbps.

El cliente final tiene la siguiente topología: la señal recibida del enlace inalámbrico es captada por una antena Nanostation loco M2/M5 seguido de un router de marca TpLink o Qpcom que ofrece internet a través de WiFi y conexión con cable para 4 puertos Lan.

Figura 3.2 Topología actual de la red



Red Inalámbrica de acceso a internet de las queseras del Grupo Salinerito, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.2 Datos Técnicos de las queseras y nodos principales

Tabla 3.1 Datos Geográficos y Técnicos de las Principales Queseras

Comunidades	DATOS GENERALES			DATOS ESPECÍFICOS		
	Ubicación		Altura	Radio Enlace	Medio/ Internet	Equipos
	Latitud	Longitud				
Yacubiana	1° 26' 23" S	79° 01' 01" O	3577 m	Si	Si/Cable UTP	TL-WR841N Antena NanoStation Loco M2
Radio Salinerito	1° 24' 14.62" S	79° 1' 7.63" O	3570 m	Si	Si/Cable UTP	Rack, Servidor de Streaming, Mikrotik RB951G-2HnD. Antena Mikrotik LHG XL HP5.
La Palma	° ' " S	° ' " O	2101 m	Si	Si/Cable UTP	TL-WR841N Antena NSM2.
Pambabuela	1° 23' 4.3" S	79° 2' 21.5" O	3650 m	Si	Si/Cable UTP	TL-WR841N Antena NSM2.
Los Arrayanes	° ' " S	° ' " O	3100 m	Si	Si/Cable UTP	TL-WR841N Antena NSM2.

Datos Geográficos y Técnicos de las Queseras, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.3 Diseño Lógico

Muestra como la información fluye a través de la red, así también la distribución de los recursos disponibles como por ejemplo el ancho de banda, la topología adecuada.

3.3.1 Cálculo del número de líneas telefónicas

La tabla 3.2 es una lista del número de llamadas diarias realizadas queseras en 5 días laborales, de todas las queseras se escoge la que mayor número de llamadas presenta.

Tabla 3.2 Número de llamadas diarias

FECHA/HORA	17/9/2018	18/9/2018	19/9/2018	20/9/2018	21/9/2018	tiempo de ocupación 21/09 (minutos)	tiempo línea ocupada (segundos)
08:00-09:00	0	0	0	1	0	2	120
09:00-10:00	1	0	0	0	0	2	120
10:00-11:00	0	2	1	2	0	9	540
11:00-12:00	0	1	2	0	1	10	600
12:00-13:00	0	0	0	1	4	9	540
13:00-14:00	0	1	0	0	0	3	180
14:00-15:00	0	0	2	0	0	3	180
15:00-16:00	1	0	0	0	2	5	300
16:00-17:00	1	0	0	0	0	3	180
TOTAL DE LLAMADAS	3	4	5	4	7		

Total de llamadas diarias por intervalos de tiempo, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Como se puede evidenciar el día que mayor número de llamadas presenta es el viernes 21 de septiembre con un total de 7 llamadas, la Figura 3.3 presenta una gráfico que muestra el tiempo de ocupación (min.) por hora correspondiente al día con mayor tráfico de voz.

Figura 3.3 Tiempo de ocupación por hora del 21 de septiembre



Gráfico estadístico que muestra el tiempo de ocupación de las líneas por hora, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Tomando en cuenta que la hora en la que las líneas se mantuvieron mayormente ocupadas es de 12:00 a 13:00 con un tiempo de ocupación de 9 minutos, se calcula el tiempo medio de ocupación en horas, el volumen de tráfico e intensidad de tráfico en Erlang mediante la Ec. 1, Ec.2 y Ec. 3 respectivamente.

Datos:

Número de llamadas = 4

Tiempo de ocupación (seg) = $9 \times 60 = 540$ seg.

t' = tiempo medio de ocupación

$$t' = \frac{540 \text{ seg.} \times 1 \text{ llamada}}{4 \text{ llamadas}} = 135 \text{ seg}$$

Volumen de tráfico:

$$Vt = n \times t' [s] \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$Vt = 4 \times 135s$$

$$Vt = 540$$

Intensidad de tráfico:

Tiempo de observación: $T_{obs} = 1 \text{ hora} = 3600 \text{ seg.}$

$$It = Vt / T_{obs} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$It = 540 / 3600$$

$$It = 0.15 \text{ Erlang}$$

El mayor número de tráfico se obtiene de 12:00 a 13:00 con un valor de 0.15 Erlang, si se tiene un valor de probabilidad de bloqueo de 1%, utilizando una calculadora de Erlang B se obtiene que para resistir los 0.15 Erlang se debe tener por lo menos 2 líneas externas como se muestra en la figura 3.4.

Figura 3.4 Calculo de líneas externas mediante Erlang B

Líneas externas para una comunicación eficiente, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.3.2 Cálculos del ancho de banda en VoIP

La tabla 3.3 presenta los datos técnicos de los diferentes codecs para VoIP, los mismos que servirán para calcular el ancho de banda necesario para el funcionamiento óptimo de este sistema VoIP, diseñado con un codec G711_64k.

Tabla 3.3 Datos técnicos para el cálculo del ancho de banda de VoIP.

Información de codec				Cálculos de ancho de banda					
Velocidad de bits y codec (kbps)	Ejemplo de tamaño del codec (bytes)	Ejemplo de intervalo del codec (ms)	Mean Opinion Score (MOS)	Tamaño de la carga útil de voz (bytes)	Tamaño de la carga útil de voz (ms)	Paquetes por segundo (PPS)	Ancho de banda MP o FRF.12 (Kbps)	Ancho de banda c/cRTP MP o FRF.12 (Kbps)	Ancho de banda Ethernet (Kbps)
G.711 (64 Kbps)	80 bytes	10 ms	4.1	160 bytes	20 ms	50	82.8 Kbps	67.6 Kbps	87.2 Kbps

Codecs para telefonía IP, Fuente: (CISCO, 2017)

Cálculo del tamaño total de paquetes:

Tasa de bits de códec G711= 64 kbps

Carga útil de la voz= 160 bytes

Sobrecarga en la cabecera del paquete de 18 bytes para Ethernet

El Encabezado IP tiene 40 bytes, los cuales se dividen de la siguiente manera: 20 bytes de IP, 8 bytes de UDP y 12 bytes de RTP

Tabla 3.4 Formato de la trama Ethernet

7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4 bytes	12 bytes
Preámbulo	SFD	MAC dest	MAC Origen	Tipo/ Long	Datagrama IP	FCS	IFG

Elaborado por: Johanna Cruz, Gabriela Guacollantes

Tamaño del paquete total (bytes) = 38 bytes (encabezado Ethernet de) + 40 bytes (encabezado de IP/UDP/RTP) + 160 bytes (carga útil de voz) = 238 bytes Ec. (3.3)

Tamaño del paquete total (bits)= 238 bytes x 8 bits= 1904 bits

Cálculo de paquetes por segundo PPS

PPS = (tasa de bits de códec) / (tamaño de la carga útil de voz) Ec. (3.4)

PPS = 64 kbps/1280 bits

PPS = 40 pps

Si se tiene 40 paquetes por segundo entonces el ancho de banda se calcula de la siguiente manera:

Ancho de banda = tamaño total de paquetes x PPS Ec. (3.5)

*Ancho de banda = 1.904 kbps * 40 pps*

Ancho de banda = 76,16 kbps

Ancho de banda total = 76,16 kbps x 2 canales

Ancho de banda total = 160 kbps

Estos resultados se los puedo corroborar aplicando una calculadora de ancho de banda para VoIP disponible en Internet, como se observa en la Figura 3.5.

Figura 3.5 Calculadora de Ancho de Banda para VoIP.

Ancho de banda necesario para el funcionamiento de VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Adicional a esto se calcula el ancho de banda para los las aplicaciones y servicios más importantes para las queseras, tomando como referencia la tabla de la FCC donde se indica el ancho de banda que usualmente consume cada aplicación.

Tabla 3.5 Tabla de ancho de banda de la FCC

ACTIVIDAD	VELOCIDAD MÁXIMA EN (MBPS)
Navegación General	1
Correo y Mensajería	0,1
Llamadas por Internet (VoIP)	Menor que 0,5
Redes Sociales	0,25
Llamada personal con Video Estándar	1,5
Descarga de Archivos	10
Backup	10

Tabla de ancho de banda de la FCC. Elaborado por: Johanna Cruz, Gabriela Guacollantes

3.3.3 Cálculos del ancho de banda de tráfico Aplicaciones

- Utilización: 8 horas
- Velocidad mínima : 1Mbps
- Host: 2
- AP: 2
- Total usuarios: 4

$$T_A = [(usuarios \times Navegación (Mb))] \times horas$$

$$T_A = [(4 usuarios \times 1 Mb)] \times 8 = 32 Mb$$

$$AB = \frac{T_A}{8 \text{ horas}} \times \frac{8 \text{ bites}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}}$$

$$AB = \frac{32 \text{ Mb}}{8 \text{ horas}} \times \frac{8 \text{ bites}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}}$$

$$AB = 8,88 \text{ Kbps}$$

Tráfico de aplicaciones previsto en 5 años con 5% de crecimiento anual.

$$T_A = AB + (AB \times 5 \text{ años} \times 5\%)$$

$$T_{Ap} = 8,88 \text{ Kbps} + (8,88 \text{ Kbps} \times 5 \text{ años} \times 5\%) = 11,1 \text{ Kbps}$$

3.3.4 Cálculos del ancho de banda de tráfico Acceso a Internet

- Tamaño medio de páginas web: 3000 Kb
- Numero de sitios: 15
- Tiempo: 1 hora

$$T_1 = \text{número de sitios} \times \text{tamaño de página (Kb)}$$

$$T_1 = 15 \text{ sitios} \times 3000 \text{ Kb} = 60000 \frac{\text{Kbytes}}{\text{hora}} \text{ por usuario}$$

$$AB = \frac{60000 \text{ Kbytes}}{1 \text{ hora}} \times \frac{8 \text{ bites}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{1000}{1 \text{ KB}}$$

$$AB = \frac{60000 \text{ Kbytes}}{1 \text{ hora}} \times \frac{8 \text{ bites}}{1 \text{ byte}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} \times \frac{1000}{1 \text{ KB}}$$

$$AB = 133,33 \text{ kbps por cada usuario}$$

$$Tt_1 = \text{Número de usuarios} \times AB$$

$$Tt_1 = 4 \times 133,33 \text{ kbps} = 533,32 \text{ kbps}$$

Tráfico de aplicaciones previsto en 5 años con 5% de crecimiento anual.

$$Tt_p = 533,33 \text{ kbps} + (533,33 \text{ kbps} \times 5 \times 5\%) = 666,66 \text{ kbps}$$

3.3.5 Cálculos del ancho de banda de tráfico Correo electrónico

- Numero de correos: 10
- Flujo estimado: 0,1 Mbps

$$T_c = \text{numero de correos} \times \text{flujo estimado}$$

$$T_c = 10 \times 0,1 \text{ Mbps} = 1 \text{ Mbps}$$

Tráfico de correo previsto en 5 años con 5% de crecimiento anual.

$$T_{c_p} = 1 \text{ Mbps} + (1 \text{ Mbps} \times 5 \times 5\%) = 1,25 \text{ Mbps}$$

3.3.6 Cálculos del ancho total usado por las aplicaciones prioritarias

$$AB = \text{Aplicaciones} + \text{Acceso a Internet} + \text{Email} + \text{VoIP} + \text{FTP}$$

$$AB = 11,1 \text{ kbps} + 666,66 \text{ kbps} + 1250 \text{ kbps} + 160 \text{ kbps} + 200 \text{ kbps}$$

$$AB = 2287 \text{ kbps} = 2,29 \text{ Mbps}$$

3.3.7 Direccionamiento IP

El direccionamiento se lo realiza mediante una IP privada.

Tabla 3.6 Rango de direcciones a utilizar

Subred	Mascara	Rango	Broadcast
192.168.1.0	/24	192.168.1.2 – 254	192.168.1.255

Rango de direcciones a utilizar, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Todas las direcciones están configuradas mediante rutas estáticas apuntando a la IP 192.168.1.1 la IP del servidor es 192.168.1.200.

El router principal debe estar configurado en DHCP para que de forma automática se asigne una dirección IP a cada usuario dentro de la red de las Queseras además la red actual no posee una segmentación. Actualmente en cada quesera se prevé un mínimo de 2 usuarios conectados y en un futuro un máximo de 10 usuarios este último se determina de acuerdo al aumento de personal de la empresa en los últimos 5 años.

3.3.8 Selección de la topología de red

La red del grupo de Salinerito básicamente es una red pequeña, tomando en cuenta que existe un leve crecimiento prolongado a futuro se ha optado diseñar una red LAN basado en núcleo colapsado. La capa de núcleo y distribución están unificados en un solo dispositivo. Este modelo mantiene las características de una red jerárquica de tres

capas sino más bien genera una reducción de costos y optimización a nivel de recursos en la red el cual se adapta a las necesidades de la red de queseras del grupo Salinerito.

3.4 Diseño físico

En el diseño físico se seleccionan los equipos más aptos para poder cumplir con los requerimientos del diseño lógico, esto conlleva al análisis de diferentes proveedores de productos haciendo una relación costo calidad.

3.4.1 Equipos propuestos

En la tabla 3.7 se muestra las características técnicas de los router recomendados para el diseño del sistema VoIP en la central.

Tabla 3.7 Router recomendados en el diseño

Marca	Mikrotik
Modelo	MIKROTIK CCR1016-12S-1S+
Número de puertos	1 RJ45
Tecnología de puertos	10/100/1000 M
Puertos SFP	12 , 1 SFP+
Memoria RAM	2GB
Memoria Flash	512MB
Capa	3
Seguridad de puertos	Si
Capacidad en el rack	1U
Costo (USD)	745

Características técnicas de los routers recomendados en el diseño, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Para cada comunidad se recomienda adquirir un router mikrotik que admita QoS como es el Router Wifi Inalámbrico Mikrotik RB750Gr3 el cual tiene un Switch integrado.

Tabla 3.8 Router recomendado para las queseras

Marca	Mikrotik
Modelo	Router Board RB750Gr3
Número de puertos	5
Tecnología de puertos	10/100/1000 Mbps
Conectividad	Ethernet
Tecnología Inalámbrica	IEEE 802.11n
Capa	3
Seguridad de puertos	Si
Costo (USD)	90,00

Características técnicas de los routers recomendados en el diseño para las queseras, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Switch capa 3: Se usará para implementar una topología de núcleo colapsado.

Tabla 3.9 Switch recomendado en el diseño

Parámetro	Detalle
Modelo	Mikrotik CSS326
Número de puertos	24 RJ45
Tecnología de puertos	10/100/1000 Base-T Ethernet
Puertos SFP	4 SFP Gigabit
Capacidad de conmutación	176 Gbps
Tasa de reenvío	68.4 Mbps
Memoria RAM	4GB
Memoria Flash	2GB
Capa	2 y 3
VLAN	Si
Capacidad en el rack	1U
Costo (USD)	2900

Características técnicas del Switch capa 3 para la topología de núcleo colapsado, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Antena Ubiquiti

Tabla 3.10 Características Técnicas antena Ubiquiti

Marca	Ubiquiti
Modelo	Nano Station loco M2
Modo de Operación	Access Point
Señalización propietaria	AirMax
Banda de operación	2.4 Ghz
Potencia de Salida	150 Mbps
Alcance	+13Km
Puertos	2 Puertos Ethernet 10/100
Seguridad	WPA, WPA2 Y MAC ACL
Costo (USD)	140

Características técnicas de la antena Ubiquiti recomendada en el diseño, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Tabla 3.11 Características Técnicas Gateway de voz

Parámetro	Detalle
Modelo	Gateway Grandstream Gxw4108
Puertos para teléfonos análogos	8 puertos FXS
Puerto de red	LAN y WAN 10/100 Mbps (Fast Ethernet)
Botón de reset y consola RS232	
Soporta QoS	Capa 2 y capa 3
Códecs Soportados	G.711 (I y II), G.722, G.723.1A, G.729A/B/E, G.728 y G.726
Arquitectura	Administrable
Costo (USD)	325

Características técnicas del Gateway de voz recomendado en el diseño, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Softphones

Para poder elegir el softphone correcto para un sistema de VoIP, es necesario saber las necesidades del cliente y sus prioridades, entre las aplicaciones más usadas están:

Zoiper Classic, XLite y 3CX. Las características individuales de estos softphone se

pueden ver en el anexo 7.

De acuerdo a las necesidades de este proyecto y los recursos de la empresa, se recomienda el uso de Zoiper Classic debido a que el sistema operativo que la Radio Salinerito mantiene es Linux y por la interfaz gráfica y la facilidad de uso e instalación se recomienda el uso de X Lite en las queseras.

Teléfonos IP

Para poder elegir los teléfonos físicos para VoIP se debe basar en características como: manejo de protocolos (SIP, IAX, etc.), códecs tales como G.723.1, G.729, G.711, G.726-32, G.722, iLBC, DTMF, que permitan manejar funciones como llamada en espera, transferir, rechazo de llamada, agregar llamada en conferencia. El Teléfono Ip Grandstream Gxp1628, soporta protocolos como: SIP, TCP/IP/UDP, RTP/RTCP, http/https, ARP/RARP.

Servidor

Tabla 3.12 Características técnicas servidor Elastix

Modelo	8400 8va Generación
Marca	Intel
Procesador	Intel Core i5
Disco Duro	2 TB
Memoria RAM	4GB
Sistema Operativo	Linux
Costo (USD)	500,00

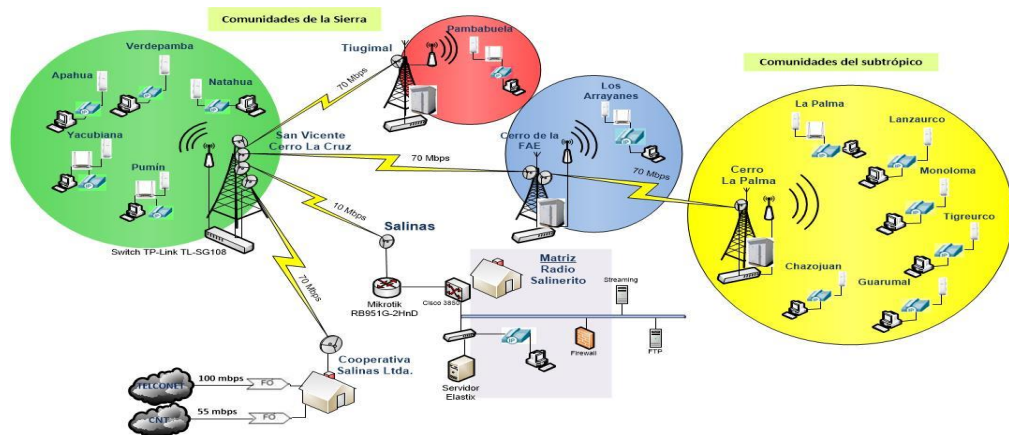
Características técnicas del servidor a utilizar en la implementación y diseño del sistema VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Firewall

Es importante considerar la seguridad de la red debido al manejo de información confidencial, la cual está expuesta a cualquier tipo de ataque. Un firewall servirá para generar una protección a nivel de toda la red. Se ha considerado el uso de firewall en el que las características más importantes sean prevención de intrusos IPS, protección contra amenazas y malware, filtrado de contenidos, servicios de VPN SSL e Ipsec.

3.5 Diagrama del Diseño Propuesto

Figura 3.6 Diseño Físico de red para un sistema de VoIP

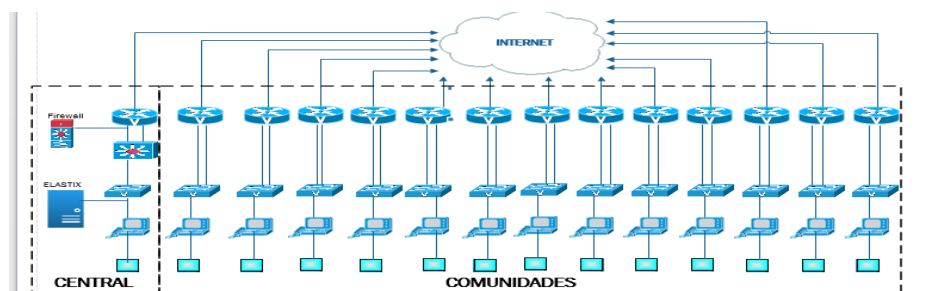


Diseño de red propuesto para un sistema VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.6 Escalabilidad y tolerancia a fallos

Dos de los aspectos más importantes que en la actualidad deben ofrecer las redes es: la escalabilidad y la tolerancia fallos, un modelo jerárquico de la red ayuda a que esta sea escalable, para la radio Salinas en donde está la central de VoIP se recomienda la adquisición de un Switch adicional para aumentar la disponibilidad y escalabilidad de la red. Para proporcionar una tolerancia a fallos los enlaces de la red deberán ser redundantes, ya que, si por algún motivo un enlace presenta fallos, los paquetes tomarán otro enlace para llegar al mismo destino.

Figura 3.7 Diseño de red propuesto



Diseño de red propuesto para un sistema VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.7 Diseño de QoS

3.7.1 Marcado de tráfico

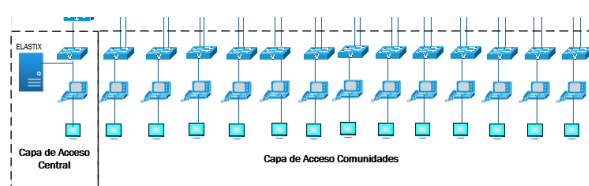
El marcado de tráfico es muy importante en un diseño con QoS ya que permite que los

dispositivos identifiquen el tipo de tráfico con el que están tratando y así darles la prioridad según las necesidades del cliente.

3.7.2 Capa de acceso

Actualmente no existe una clasificación del tráfico generado dentro de la red, por lo cual la pérdida de paquetes es evidente, al utilizar varios tipos de tráfico simultáneamente el ancho de banda es usado totalmente y los paquetes son descartados sin verificar si son prioritarios o no, esto provoca demora en carga en las aplicaciones.

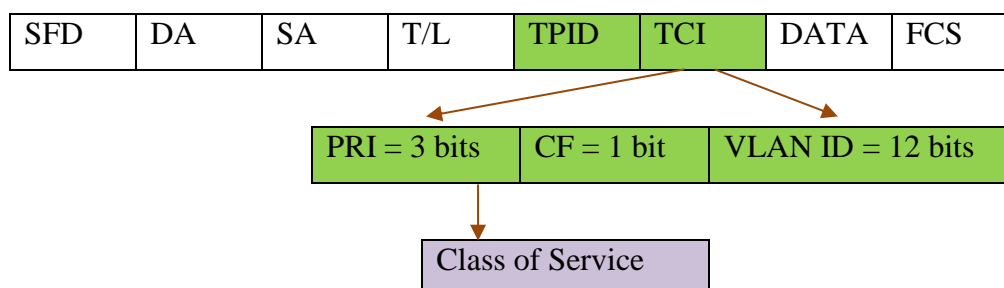
Figura 3.8 Capa de acceso



Capa de acceso para un sistema VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

A nivel de capa 2 las tramas no poseen una etiqueta con la que se pueda agrupar a los paquetes según el tipo de tráfico que transporten y así darles la prioridad necesaria. En esta capa todos los paquetes vienen marcados con una prioridad de 0 por defecto, es decir utilizan Best-Effort. Utilizando el protocolo de encapsulación 802.1q, dentro del Tag Control Information existe un campo llamado Class of Service (CoS) en el que se puede etiquetar el tráfico mediante la integración de un identificador que de manera estándar marca el tráfico como se muestra en el anexo 5.

Figura 3.9 Trama Ethernet con encapsulación 802.1q

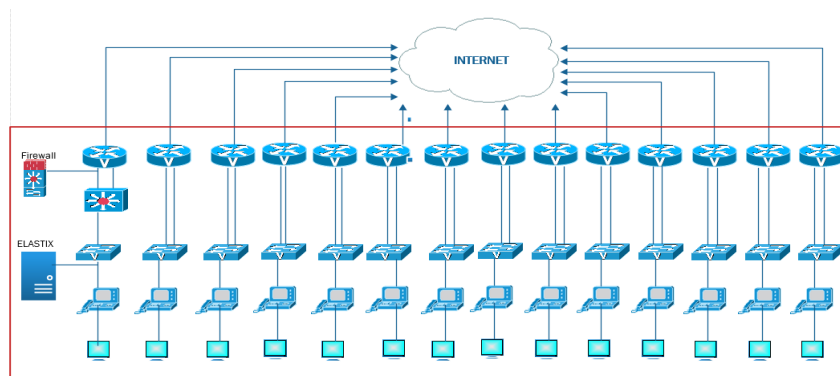


Diseño de red propuesto para un sistema VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Para implementar QoS en la capa de acceso el procedimiento a realizar es el siguiente:

1. Se debe delimitar una frontera de confianza, en este grupo entran todos los dispositivos que son administrados dentro de las 14 fábricas de queso seleccionadas para este proyecto. Lo más recomendable es que la zona de confianza sea delimitada por los dispositivos que marcan el tráfico, es decir que posean características de calidad de servicio en el caso de que los teléfonos presenten QoS estos también entrarían en el límite de confianza.

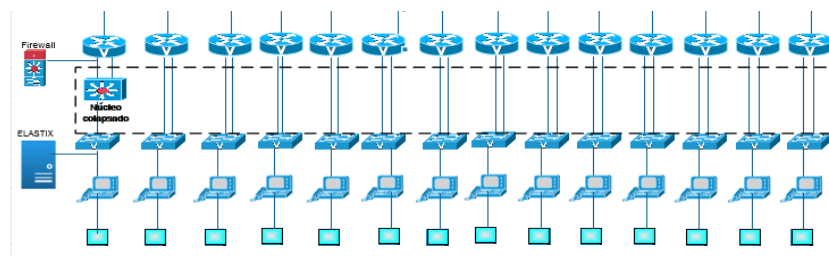
Figura 3.10 Límites de confianza



Límite de confianza de la red, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

2. Se debe marcar el tráfico proveniente de cada una de las queseras, la manera en la que es marcado el tráfico se puede ver en el anexo 5.
3. La congestión debe ser administrada para que cada paquete marcado con su Class of service, se dirccione a la clase correspondiente.

Figura 3.11 Núcleo Colapsado



Red de núcleo colapsado. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En este caso el núcleo colapsado hereda el marcado de la capa de acceso debido a los límites de confianza establecidos en la misma. Aquí se recomienda configurar listas de control de acceso las cuales brindarán las funciones de un firewall sencillo.

3.7.3 Calidad de servicio en dispositivos de capa 3

Existen 3 modelos para aplicar QoS

Best – Effort: método por defecto cuando no existe Calidad de servicio.

Servicios Integrados: este método tiene una escalabilidad limitada, provee una garantía alta de QoS, se basa en la reserva de recursos de la red por flujos sin embargo presenta un gran inconveniente y es que la reserva de recursos tiene que establecerse en cada router además los nodos deben almacenar una gran cantidad de información.

3.7.4 Servicios Integrados (DiffServ)

Es un método que proporciona flexibilidad y escalabilidad en la implementación de QoS. DiffServ presenta un dominio de QoS que marca los dispositivos en donde se va aplicar QoS, este método tiene un comportamiento Per Hop Behaviour esto significa que las políticas de QoS deben ser aplicadas en todos los saltos de la red.

Después de haber marcado los paquetes en capa 2 es muy importante que los dispositivos de capa 3 entiendan este marcado para poder hacer esta traducción se usará el modelo de marcado DSCP el cual se encuentra dentro del byte DiffServ y tiene 6 bits disponibles para el marcado del tráfico.

Figura 3.12 Trama Ethernet con encapsulación 802.1q

Differentiated Service Points (DSCP)						Explicit Congestion Notification	
DS5	DS4	DS3	DS2	DS1	DS0	ECN	ECN

Trama Ethernet con encapsulación 802.1q. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

De acuerdo al anexo 5 donde se define el CoS según el tipo de tráfico que cursa en la red, para marcar el tráfico en esta capa se debe mapear a DSCP, para esto primero se identifica la categoría PHB que el tráfico ocupará como su muestra en la tabla 3.14. El campo PHB ocupa los 3 primeros bits de DSCP que coinciden con los bits de CoS.

Tabla 3.13 Parámetros PHB

Categoría PHB	Descripción
Default	<ul style="list-style-type: none"> • Usado para Best Effort • Primeros bits en 000xxx
Expedited Forwarding (EF)	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de baja latencia como voz. Primeros bits en 101xxx
Assured Forwarding (AF)	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho de banda asegurado. • 4 subclases (AF1: 001xxx, AF2: 010xxx, AF3: 011xxx y AF4: 100xxx)
Class Selector	<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidad con dispositivos que no soportan DiffServ (xxx000)

Tabla de parámetros PHB. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Los 3 siguientes bits de DSCP son los que determinan la probabilidad de descarte de un paquete siendo 010 (bajo), 100 (medio) y 110 (alto).

De acuerdo al análisis de tráfico realizado anteriormente se determina las políticas a usar, el ancho de banda y la clase a la que pertenece cada tipo de tráfico.

Las queseras de Salinas son redes asimétricas, tienen disponible un ancho de banda de 3Mbps de los cuales el 80% se encuentra disponible ya que el 20% se usará en protocolos de enrutamiento.

- El tráfico que regularmente consumen es:
- Voz: tráfico de VoIP
- Transaccional: Transacciones bancarias, servicios transaccionales.
- Best Effort: email, ficheros, web.
- Residual: P2P
- Transporte de Datos: por ejemplo, FTP, TFTP.

Para este diseño el tráfico se dividirá en 3 tipos de encolamiento:

- LLQ para VoIP
- CBWFQ para el tráfico de http, smtp/pop, ftp.
- WFQ para el tráfico restante.

Las clases, asignación de DSCP y ancho de banda se presentan en la tabla 3.14.

Tabla 3.14 Resumen del diseño de QoS

CLASE	Política	PROTOCOLO	PHB	DSCP	ANCHO DE BANDA (kbps)	PORCENTAJE DE ANCHO DE BANDA
Prioriy class	LLQ	VoIP	EF	46	160 kbps	5,33%
Clase2	CBWFQ	SMTP/POP3	AF21	18	1250 kbps	41,67%
Clase2	CBWFQ	HTTP	AF22	20	670 kbps	22,33%
Clase2	CBWFQ	FTP	AF23	22	200 kbps	6,67%
Otro tráfico	FIFO	Best Efford		0	Ancho de Banda restante	3,67%

Distribución de ancho de banda para cada quesera. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Y para el tráfico restante se usa un encolamiento WFQ, para esta política solo se creará una clase.

Para la clase de VoIP se deberán crear una ACL extendida:

```
Router(config)#Permit udp any any eq 5060
Router(config)#Permit tcp any any eq 5060
Router(config)#Permit udp any any range 10000 20000
```

Esta configuración se deberá aplicar en todos los routers de frontera.

3.7.5 Marcado de paquetes en capa 7 para infraestructura Cisco (NBAR2)

Para la identificación de aplicaciones que usan puertos dinámicos se utilizara la configuración NBAR2 en los routers, ya que permitirá que el equipo identifique aplicaciones a nivel de capa 7. Esta herramienta se deberá configurar en la interfaz

donde se aplica QoS, cabe recalcar que NBAR2 no bloquea el tráfico, pero ayuda a una identificación y clasificación temprana basada en descubrimiento de protocolos, esta información será usada para aplicar las políticas de QoS configuradas.

Los comandos para habilitar NBAR2 son:

Figura 3.13 Configuración NBAR2

```
RADIO_SALINERITO (config)# class-map match-all Netflix
RADIO_SALINERITO (config-cmap)# match protocol http url "netflix.com*"
RADIO_SALINERITO (config)# policy- map QOS_S1/0
RADIO_SALINERITO (config-pmap)# class Netflix
RADIO_SALINERITO (config-pmap-c)# set DSCP 0
RADIO_SALINERITO (config)# interface S1/0
RADIO_SALINERITO (config-if)# ip nbar protocol-discovery
```

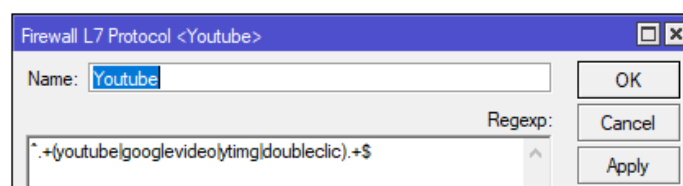
Comandos para configurar NBAR2. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.7.6 Marcado de paquetes en capa 7 para infraestructura Mikrotik

Los equipos Mikrotik debido a su interfaz gráfica son más fáciles de utilizar e incluyen la función de marcar paquetes en capa 7, el procedimiento es muy sencillo.

Dentro de la opción firewall en la pestaña Layer 7, se debe generar una lista de posibles nombres con los que se puede ubicar un dominio.

Figura 0.14 Lista de nombres para indicar un dominio

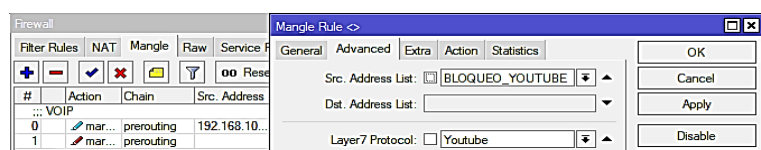


Lista de nombres para indicar un dominio. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En la pestaña Mangle se realiza el marcado de conexión para el cual se debe seguir el procedimiento del apartado 3.12.2. Adicional a esto en este mismo marcado en la pestaña advanced en el opción layer 7 protocol se debe elegir la lista de nombres con las que se puede ubicar el dominio, creada anteriormente, en este caso YouTube. En Src. Address List se debe elegir el grupo de direcciones a las que se les aplicara el bloqueo, la creación de este grupo de direcciones se explica posteriormente, si no se le asigna nada en esta opción el router realizara el bloqueo para todos los dispositivos

finales que se encuentren conectados a él.

Figura 3.15 Configuración de bloqueo en capa 7

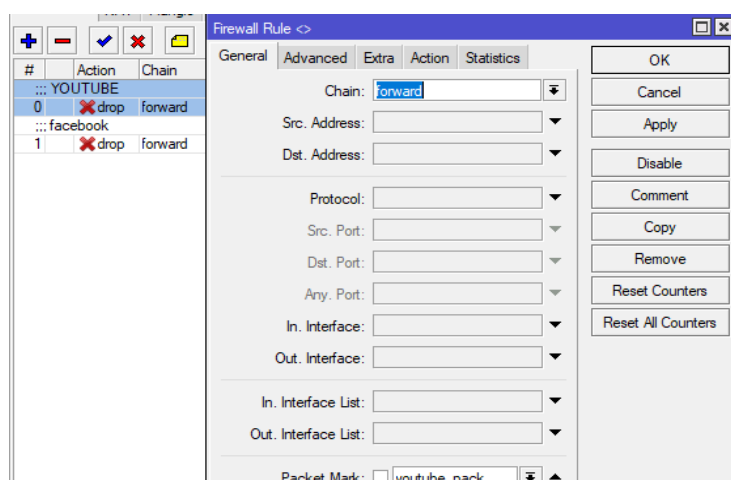


Configuración de bloqueo en capa 7. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En la pestaña Mangle se realiza el marcado de paquetes para el cual se debe seguir el procedimiento del apartado.

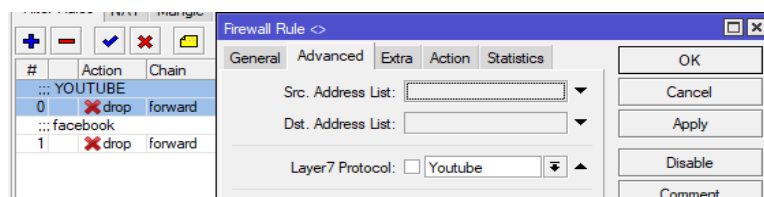
El siguiente paso es indicar al router que hacer con este tráfico marcado, este procedimiento se lo realiza en la pestaña Filter Rules como se muestra en la figura 3.16, figura 3.17 y la figura 3.18 en esta última se indica que estos paquetes serán descartados.

Figura 3.16 Descarte de paquetes de capa 7



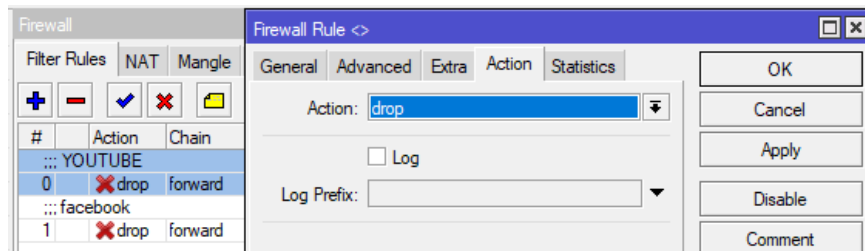
Configuración de descarte en capa 7. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Figura 3.17 Asignación de lista de posibles dominios.



Asignación de lista de posibles dominios. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

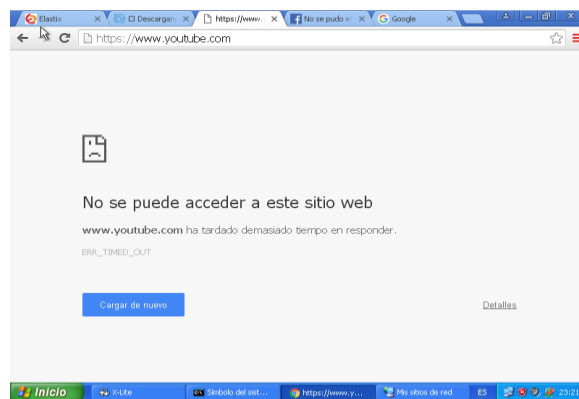
Figura 3.18 Descarte de paquetes



Descarte de paquetes en capa 7. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Como resultado al cargar la página de YouTube, el equipo no accede como se visualiza la figura 3.19.

Figura 3.19 Dominio de YouTube bloqueado

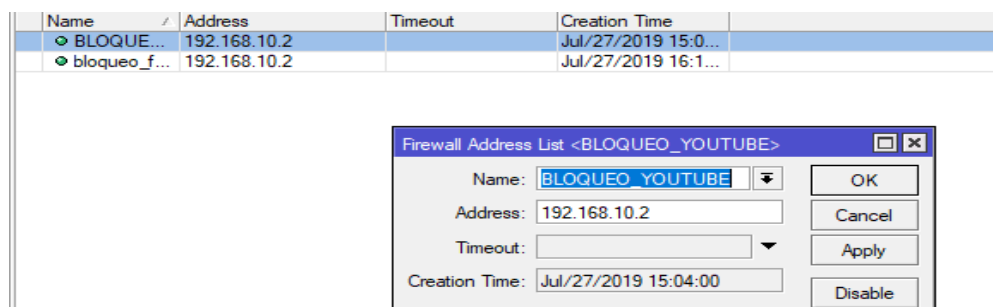


Dominio de YouTube bloqueado. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Es conveniente realizar este procedimiento para aplicaciones como YouTube, Netflix, redes sociales y demás tráfico que el administrador de red considere innecesario.

Ahora se creará la lista de redes a las que será aplicado este bloqueo, esto se lo realiza en la pestaña Address lists de la opción Firewall, como muestra la figura 3.20.

Figura 3.20 Aplicación de bloqueo



Se aplica el bloqueo a la red deseada. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.



3.8 Open DNS

Es una herramienta que permite bloquear sitios web según las necesidades de la empresa, ya sea refiriéndose a estos sitios por su URL o por su contenido, esto permite tener más control sobre la red ya que evita que los empleados se distraigan con páginas de ocio e impide que el tráfico innecesario ocupe el ancho de banda disponible.

Como medida complementaria a QoS se deberá configurar la herramienta Open DNS en cada Router, esto se lo hace ingresando a la configuración del equipo e ingresando los DNS establecidos por Open DNS (DNS1: 208.64.222.222, DNS2: 208.64.220.220, DNS3: 208.64.220.222).

Para permitir o denegar el acceso a un sitio web, es necesario crear una cuenta en Open DNS, y asociar una red a la cual se le vayan aplicar los filtros de Open DNS.

Figura 3.21 Configuración Open DNS

tus redes			
ETIQUETA	IP	ESTADÍSTICAS	
salinas rojas	181.112.142.17		<input type="checkbox"/>
Yacubiana	181.199.45.243		<input type="checkbox"/>

Red en donde se aplica Open DNS. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Como se mencionó anteriormente los filtros se pueden aplicar por dominio o por contenido, para el caso de las queseras de salinas se bloquearán las páginas que contengan pornografía, videos y redes sociales.

Figura 3.22 Tráfico bloqueado en Open DNS

Personalizado Elige las categorías que quieres bloquear.

<input type="checkbox"/> Fraude Académico	<input checked="" type="checkbox"/> Temas para adultos	<input checked="" type="checkbox"/> Adware
<input checked="" type="checkbox"/> Alcohol	<input type="checkbox"/> Anime / Manga / Webcomic / Blogs	<input type="checkbox"/> Subastas
<input type="checkbox"/> Automotor	<input checked="" type="checkbox"/> Clasificados	<input type="checkbox"/> Servicios de negocios
<input checked="" type="checkbox"/> Charla	<input type="checkbox"/> Comercio electrónico / Compras	<input checked="" type="checkbox"/> Citas
<input checked="" type="checkbox"/> Las drogas	<input type="checkbox"/> Instituciones financieras	<input type="checkbox"/> Instituciones educativas
<input checked="" type="checkbox"/> Almacenamiento de archivos	<input checked="" type="checkbox"/> Juegos	<input checked="" type="checkbox"/> Foros / Tableros de mensajes
<input type="checkbox"/> Juego	<input checked="" type="checkbox"/> Odio / Discriminación	<input type="checkbox"/> Protección juvenil alemana
<input type="checkbox"/> Gobierno	<input checked="" type="checkbox"/> Mensajería instantánea	<input type="checkbox"/> Salud y Belleza
<input type="checkbox"/> Humor	<input checked="" type="checkbox"/> Películas	<input type="checkbox"/> Empleo / Empleo
<input checked="" type="checkbox"/> Lencería / Bikini	<input type="checkbox"/> Sin fines de lucro	<input type="checkbox"/> Música
<input type="checkbox"/> Medios de comunicación	<input type="checkbox"/> Dominios aparcados	<input checked="" type="checkbox"/> Desnudez
<input checked="" type="checkbox"/> P2P / intercambio de archivos	<input type="checkbox"/> Política	<input checked="" type="checkbox"/> Compartir foto
<input type="checkbox"/> Podcasts	<input checked="" type="checkbox"/> Proxy / Anonymizer	<input checked="" type="checkbox"/> Pornografía
<input type="checkbox"/> Portales	<input type="checkbox"/> Investigación / Referencia	<input type="checkbox"/> Radio
<input type="checkbox"/> Religioso	<input checked="" type="checkbox"/> Redes sociales	<input type="checkbox"/> Los motores de búsqueda
<input checked="" type="checkbox"/> Sexualidad	<input checked="" type="checkbox"/> Insípido	<input type="checkbox"/> Software / Tecnología
<input type="checkbox"/> Deportes	<input type="checkbox"/> Viajar	<input checked="" type="checkbox"/> Televisión
<input type="checkbox"/> Tabaco	<input checked="" type="checkbox"/> Las armas	<input checked="" type="checkbox"/> Video compartido
<input checked="" type="checkbox"/> Motores de búsqueda visual		<input type="checkbox"/> Web Spam
<input checked="" type="checkbox"/> Webmail		

Tráfico bloqueado en Open DNS por su contenido. Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.9 Simulación en GNS3 de un sistema de VoIP con QoS en infraestructura CISCO

Antes de realizar la implementación del sistema de VoIP es conveniente emular la red en el software GNS3, para la simulación se tomaron en cuenta 4 queseras las mismas que pertenecen a las comunidades de Salinas y Yacubiana, Pumín y Natahua.

Figura 3.23 Diagrama de red para la simulación

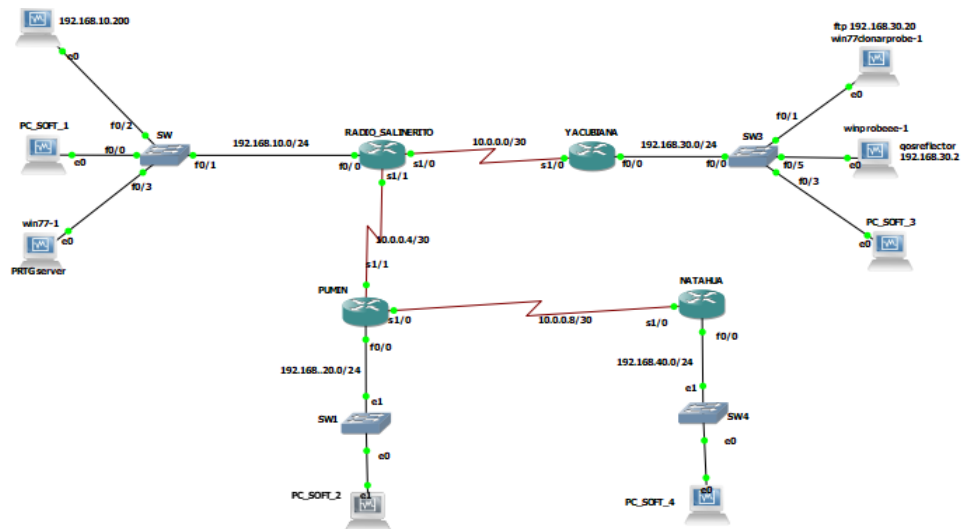


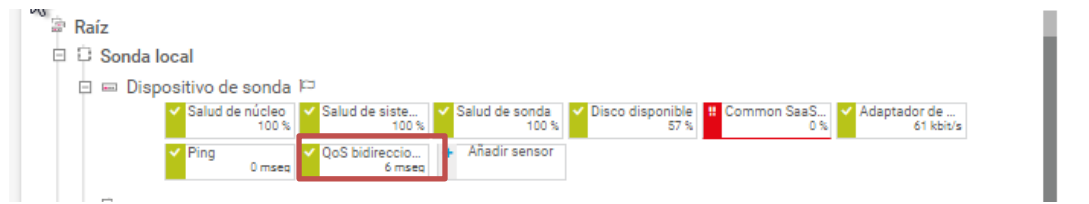
Diagrama de red en GNS3 para la simulación del sistema VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.10 Software PRTG

Para poder aplicar monitorización de la red se usó un servidor PRTG Network Monitor este servidor de monitoreo funciona mediante sensores o sondas los cuales envían paquetes UDP de extremo a extremo, para medir los valores de QoS es necesario mantener 2 puntos finales por lo que se hace indispensable colocar un reflector para los paquetes UDP en el destino, para lo cual se usó un Reflector de QoS de PRTG. Este reflector es un código Python que rebota todos los paquetes UDP que entran

Como se puede ver en la figura 3.24 en este caso se usó el sensor QoS bidireccional permite medir valores como la pérdida de paquetes, variación de demora de paquetes, jitter; estos parámetros no tendrían relevancia si se trataran de paquetes TCP, pero al ser paquetes UDP son sumamente importantes ya la calidad de una llamada disminuiría considerablemente si se pierden los paquetes o si llegan en desorden.

Figura 3.24 Sensor QoS

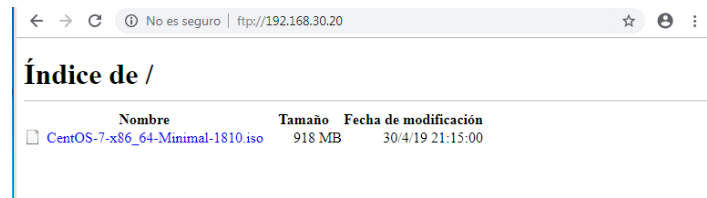


Sensor QoS bidireccional en PRTG, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.11 Tráfico FTP y VoIP

Para lograr la saturación de la red se usó un servidor FTP de Windows al cual se puede acceder por la IP 192.168.30.20, este servidor permite descargar el archivo desde varios puntos de la red el mismo que pesa 918 Mb.

Figura 3.25 Servidor FTP



Servidor para descarga de archivos FTP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

El tráfico de VoIP es generado a través de la configuración de una central Elastix a la cual se accede por la dirección 192.168.10.200 y Softphones para cada usuario, en la figura 3.26 se puede observar la comunicación entre la comunidad Yacubiana y la Radio Salinerito.

Figura 3.26 Softphone Xlite en llamada



Ejemplo de llamada mediante Softphone Xlite , Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Al saturar la red sin aplicar calidad de servicio, el porcentaje de pérdida de paquetes subió de 0% a 14%, el valor de MOS disminuyó de 5 a 1, mientras que el jitter subió de 5 mseg a 140 mseg. Por lo que la comunicación se hizo ineficiente y de baja calidad.

Por otro lado, al aplicar QoS la pérdida de paquetes bajo hasta 0%, el MOS aumento a 4.5 y el jitter bajo a 3 mseg. La calidad de llamada mejoro notablemente ya que se dio prioridad a los paquetes UDP que se utilizan para la voz. Estos resultados se pueden observar en la figura 5.1 del capítulo 5.

3.12 Simulación en GNS3 de un sistema de VoIP con QoS en infraestructura MIKROTIK

Debido a que la infraestructura de red de Salinas se encuentra con equipos Mikrotik, se realiza la simulación previa a la implementación, este procedimiento se lo realizo para 2 puntos, sin embargo podrá ser replicado en las 12 queseras restantes.

Figura 3.27 Diagrama simulado en GNS3

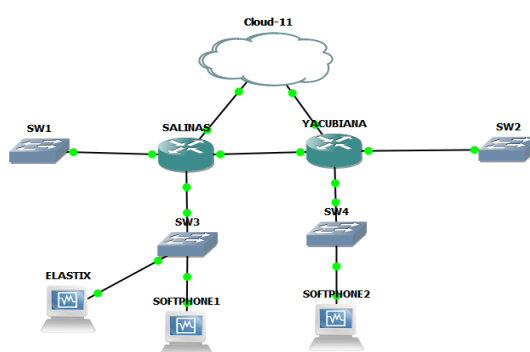


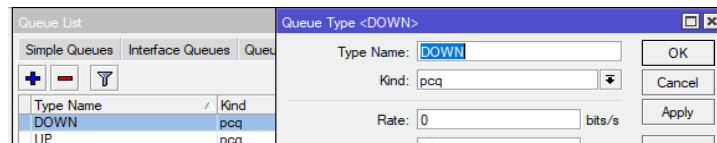
Diagrama de infraestructura Mikrotik en GNS3, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Para esta simulación las dos redes salieron a internet mediante un DHCP CLIENT y NAT, y así poder generar diferentes tipos de tráfico sobre ellas.

3.12.1 Creación de Políticas

El primer paso para implementar QoS es crear una política, a la cual se le asignaran las clases.

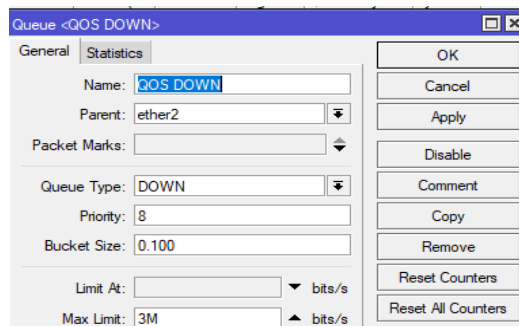
Figura 3.28 Creación de Política QoS.



Creación de Política QoS, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

De acuerdo a esta asignación se procede a crear el árbol de políticas

Figura 3.29 Creación de Política QoS.



Creación de Política QoS, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

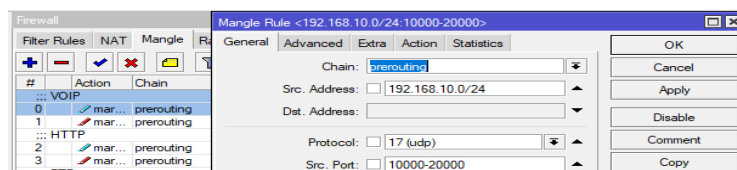
En este caso la prioridad asignada es 8 ya que no se desea dar la misma prioridad a toda la política sino que esta prioridad será asignada por clase, además si asigna la interfaz por donde se aplicará QoS.

3.12.2 Marcado por conexión

Este marcado como su nombre lo indica se aplica para todos los paquetes de una conexión, adicional a esto se deberá realizar un marcado por paquetes.

La configuración de este marcado se indica a partir de la figura 3.30, el ejemplo muestra la configuración de QoS para tráfico VoIP.

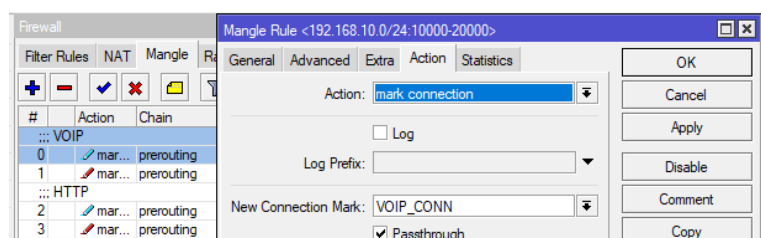
Figura 3.30 Marcado por conexión.



Marcado por conexión, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Se asigna el tipo de marcado y se le da un nombre a la conexión.

Figura 3.31 Asignar un nombre al marcado por conexión.



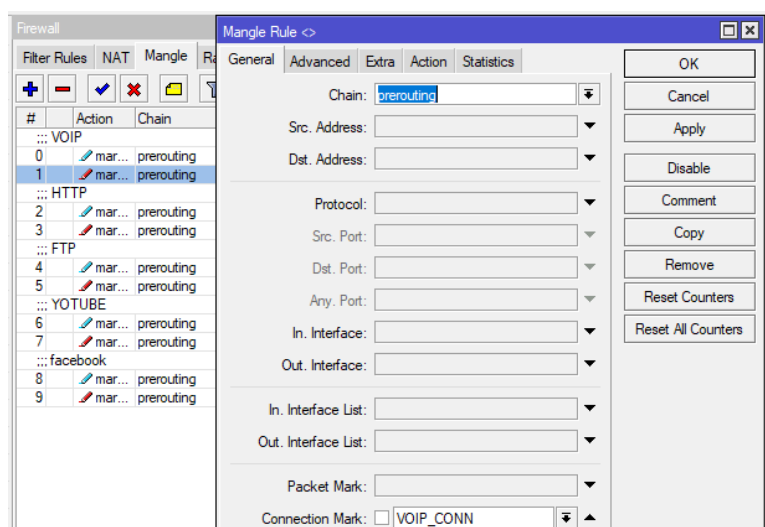
Asignar un nombre al marcado por conexión, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.12.3 Marcado por paquetes

Este marcado solo se asigna por paquete y no se aplica a los demás paquetes de una misma conexión.

Primero se le asigna un marcado de conexión ya creado en el apartado anterior.

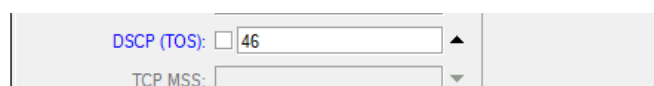
Figura 3.32 Marcado por paquetes.



Marcado de paquetes asignados a un marcado por conexión, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En la pestaña advanced se coloca el marcado DSCP (TOS) que se le asignara a este tráfico.

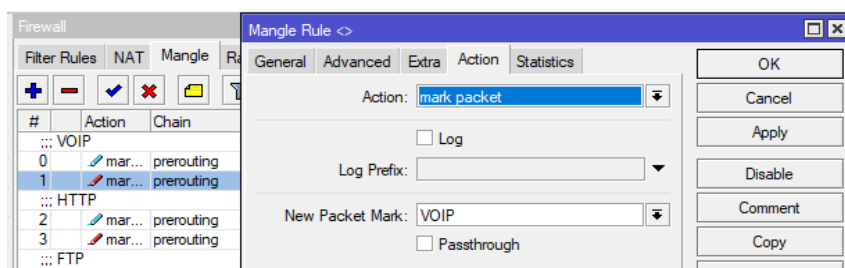
Figura 3.33 Asignación de Parámetro DSCP.



Asignación de DSCP para el tráfico de VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Se asigna el tipo de marcado, se le da un nombre y se desactiva las pestañas Passthrough.

Figura 3.34 Asignar un nombre al marcado por paquetes.



Asignar un nombre al marcado por paquetes, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En la figura se puede observar que se ha generado las diferentes clases acorde al diseño de QoS, el mismo que se resume en la tabla 3.14, incluido el bloqueo de tráfico en capa 7.

Figura 3.35 Clases de QoS.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Inter...	Out. Inter...	In. Inter...	Out. Inter...	Src. Address List
0	mar...	prerouting	192.168.10...		17 (u...	10000-20...						
1	mar...	prerouting										
2	mar...	prerouting			6 (tcp)	433.80						
3	mar...	prerouting										
4	mar...	prerouting			6 (tcp)	20.21						
5	mar...	prerouting										
6	mar...	prerouting										BLOQUEO_YOUTUBE
7	mar...	prerouting										
8	mar...	prerouting										bloqueo_facebook
9	mar...	prerouting										

Clases de QoS, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En la figura 3.36, se muestra como se va marcando el tráfico.

Figura 3.36 Lista de paquetes marcados.

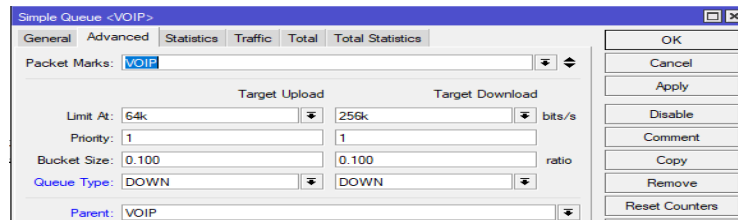
Src. Address	Dst. Address	Protocol	Connection Mark	Timeout	TCP State	Orig./Repl. Rate	Orig./Repl. Bytes
SACs 192.168.10.24592	31.13.67.35.443	6 (tcp)		23:59:56	established	0 bps/0 bps	14.5 KB/54.7 KiB
SACs 192.168.10.24593	157.240.14.19.443	6 (tcp)		23:59:50	established	0 bps/0 bps	2665 B/25.1 KiB
SACs 192.168.10.24596	31.13.67.20.443	6 (tcp)		23:59:41	established	0 bps/0 bps	1402 B/1724 B
SACs 192.168.10.24597	69.171.250.3.443	6 (tcp)		23:59:46	established	0 bps/0 bps	1891 B/1523 B
SACs 192.168.10.24601	157.240.14.19.443	6 (tcp)		23:59:46	established	0 bps/0 bps	4066 B/10.1 KiB
SAC 192.168.20.224722	192.168.10.200.5060	17 (udp)	VOIP_CONN	00:59:47		0 bps/0 bps	144.1 KiB/157.0 ...
SACs 192.168.10.24602	31.13.67.35.443	6 (tcp)	facebook_conn	00:04:55	established	0 bps/0 bps	779 B/44 B
SACs 192.168.10.24598	157.240.14.19.443	6 (tcp)	facebook_conn	00:04:54	established	0 bps/0 bps	797 B/44 B
ESAC 192.168.20.225759	192.168.10.200.10489	17 (udp)	VOIP_CONN	00:02:59		0 bps/576 bps	32.1 KiB/9.5 KiB
C 10.0.16.57944	10.0.5.255.20561	17 (udp)	VOIP_CONN	00:00:09		13.5 kbps/0 bps	8.1 MB/0 B
SACs 192.168.10.24589	172.217.2.78.443	6 (tcp)	youtube_conn	00:00:08	time wait	1880 bps/320 bps	1032 B/204 B

Lista de paquetes marcados, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.12.4 Limitación de ancho de banda

Para limitar el ancho de banda se debe crear una Simple Queue, en donde se indica el mínimo y máximo de ancho de banda que un tipo de tráfico debe ocupar, también se le asocia a una política y se le da una prioridad.

Figura 3.37 Asignación de ancho de banda.



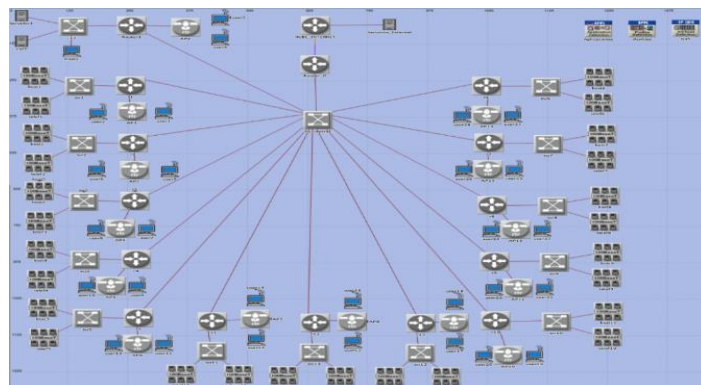
Asignación de ancho de banda, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

3.13 OPNET

OPNET es un software que permite conocer el comportamiento de una red bajo diferentes escenarios, permite simular unas redes extensas sin la necesidad de configurar sus dispositivos.

Para poder simular el comportamiento de la red incluyendo las 14 queseras se utilizó esta herramienta como se muestra en la figura 3.38, se utilizó tres escenarios el primero aplicando FIFO, el segundo con PQ (Priority Queue) y el tercero con servicios diferenciados y PQ, los resultados son mostrados en el apartado 5.1.

Figura 3.38 Simulación en OPNET.



Simulación en OPNET, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

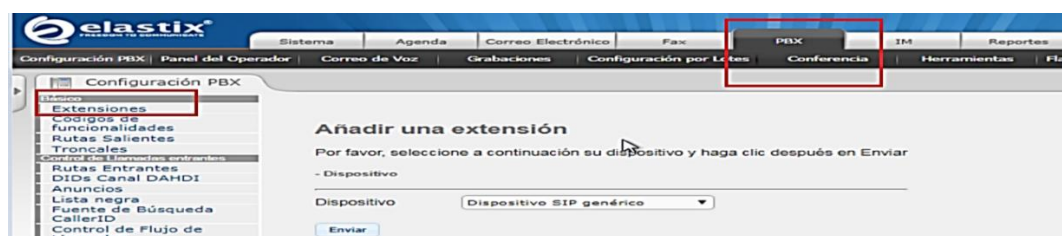
CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN

4.1 Configuración del ELASTIX

4.1.1 Creación de extensiones

En la parte superior de la central, se debe dar clic en PBX y clic en extensiones, a continuación, se elige el dispositivo que se usará en este caso será un Dispositivo Genérico SIP como se puede ver en la figura 4.1. Una vez elegido el protocolo para la extensión clic en enviar.

Figura 4.1 Configuración de Extensiones en Elastix.



Añadir una extensión con el protocolo deseado, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Para poder crear una extensión se debe tener presente 4 opciones básicas de configuración: el tipo de Extensión SIP o IAX2, el número de la extensión, el nombre de la extensión, la clave de la extensión

En la Figura 4.2 y la Figura 4.3 se muestra un ejemplo de la configuración de extensiones SIP en donde se deben ingresar estos parámetros, una vez finalizada las configuraciones básicas clic en enviar para crear la extensión, para que los cambios sean aplicados se debe dar clic en Apply Config.

Figura 4.2 Configuración Extensión Radio Salinerito

- Añadir extensión	
Extensión del usuario	<input type="text" value="8000"/>
Nombre para mostrar	<input type="text" value="Radio Salinerito"/>
CID Num Alias	<input type="text"/>
Alias SIP	<input type="text"/>

Parámetros para crear una extensión, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Figura 4.3 Configuración contraseña

The screenshot shows a web interface titled '- Device Options'. Below the title, it states 'This device uses sip technology.' There are three configuration items: 'secret' with a value of 'Salinas2019', 'dtmfmode' with a dropdown menu set to 'RFC 2833', and 'canreinvite' with a dropdown menu set to 'No'.

Configuración contraseña y DTMF para extensiones, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En la tabla 4.1 se muestra el rango y la configuración de las extensiones asignadas a cada una de las comunidades a las que se prestará el servicio de VoIP.

Tabla 4.1 Extensiones asignadas a cada una de las Queseras de Salinas

Comunidad	Extensión 2 Usuarios	Display Name	Secret
Salinas	8800 – 8801	Salinerito	Salinas2019
Yacubiana	8805 – 8806	Yacubiana	Salinas2019
Pambabuela	8810 – 8811	Pambabuela	Salinas2019
Natahua	8815 – 8816	Natahua	Salinas2019
Verdepamba	8820 – 8821	Verdepamba	Salinas2019
Punín	8825 – 8826	Punín	Salinas2019
Apagua	8830 – 8831	Apahua	Salinas2019
Monoloma	8835 – 8836	Monoloma	Salinas2019
La Palma	8840 – 8841	La Palma	Salinas2019
Guarumal	8845 – 8846	Guarumal	Salinas2019
Chazojuan	8850 – 8851	Chazojuan	Salinas2019
Tigreurco	8855 – 8856	Tigreurco	Salinas2019
Los Arrayanes	8860 – 8861	Los Arrayanes	Salinas2019
Lanzaurco	8865 – 8866	Lanzaurco	Salinas2019

Rangos de extensiones asignadas a cada Quesera, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.1.2 Creación de troncales

Una troncal sirve para conectar una red privada con una red pública, lo que ayuda a que las empresas que trabajan con VoIP puedan tener llamadas entrantes, salientes y bidireccionales tanto a teléfonos fijos como celulares, por medio de un numero central.

Figura 4.4 Configuración Troncal en Elastix

Add SIP Trunk

General Settings

Trunk Name: ht503
 Outbound CallerID: 3263418
 CID Options: Allow Any CID
 Maximum Channels:
 Asterisk Trunk Dial Options:
 Continue if Busy:
 Disable Trunk:
 Dialled Number Manipulation Rules:
 (prepend) + prefix | match pattern
 + Add More Dial Pattern Fields | Clear all Fields
 Dial Rules Wizards: (pick one)
 Outbound Dial Prefix:

Outgoing Settings

Trunk Name: ht503
 PEER Details:
 host=192.168.0.40
 type=peer
 canreinvite=no
 insecure=very
 dtmfmode=rfc2833
 quality=yes
 port=5062

Incoming Settings

USER Context: 3263418
 USER Details:
 context=from-trunk
 host=192.168.0.40
 insecure=very
 type=friend
 dtmfmode=rfc2833
 secret=Salinas2019
 nat=yes
 quality=yes

Configuración de una troncal en Elastix, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.1.3 Creación de rutas entrantes

Las rutas entrantes sirven para direccionar las llamadas que ingresan a la empresa desde las troncales y que son enviadas al destino previamente configurado en el Servidor VoIP, cuando una llamada llega al Servidor se identifica el DID (línea de origen) y el CID (línea de destino), también se puede no incluir estos parámetros y el servidor reconocerá todas las llamadas.

Figura 4.5 Configuración de Rutas Entrantes

Add Incoming Route

Description: ruta2
 DID Number:

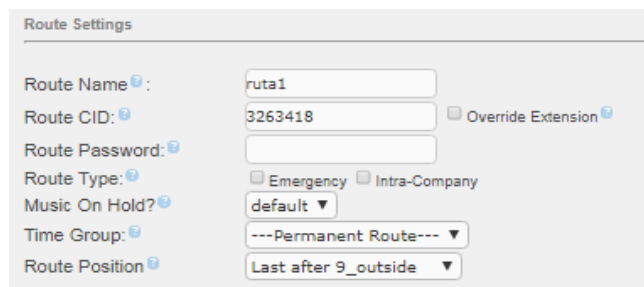
Configuración de Rutas Entrantes en Elastix, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.1.4 Creación de rutas salientes

Las llamadas de salida son enviadas por medio de las troncales de acuerdo a la configuración de rutas salientes, con lo cual se puede hacer mapeos a bajo costo,

utilizando reglas de marcado es posible restringir llamadas a cierto tipo abonados desde uno o varios abonados internos.

Figura 4.6 Configuración de Rutas Salientes



The screenshot shows the 'Route Settings' window with the following fields and values:

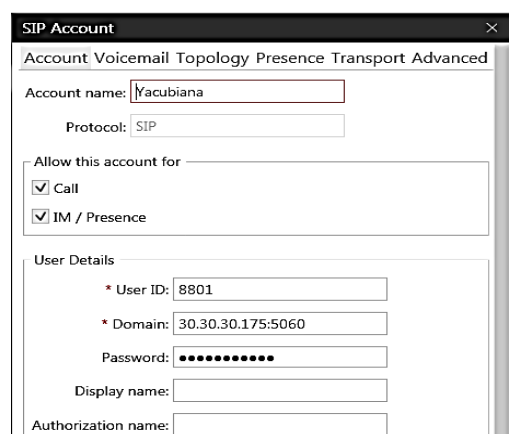
Field	Value
Route Name	ruta1
Route CID	3263418
Route Password	
Route Type	<input type="checkbox"/> Emergency <input type="checkbox"/> Intra-Company
Music On Hold?	default
Time Group	---Permanent Route---
Route Position	Last after 9_outside

Configuración de Rutas Salientes en Elastix, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.2 Instalación y configuración del softphone

Los softphone son de gran utilidad debido a su bajo costo económico, la configuración de los softphone a utilizar es muy sencilla, para esto se debe saber la extensión a la que corresponden, la Ip con la que van a apuntar al servidor, el puerto 5060 habilitado y la contraseña previamente configurada para esta extensión en el servidor Elastix.

Figura 4.7 Estado de conexión de Softphone XLite



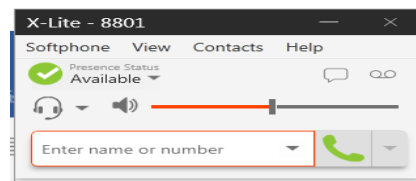
The screenshot shows the 'SIP Account' window with the following fields and values:

Field	Value
Account name	yacubiana
Protocol	SIP
Allow this account for	<input checked="" type="checkbox"/> Call <input checked="" type="checkbox"/> IM / Presence
User ID	8801
Domain	30.30.30.175:5060
Password	*****
Display name	
Authorization name	

Parámetros a configurar en un Softphone XLite para que se habilite, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Al guardar la configuración y si todo está correcto el softphone inmediatamente aparecerá habilitado.

Figura 4.8 Estado de softphone habilitado



Verificación del estado de conexión del softphone, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.3 Configuración de QoS

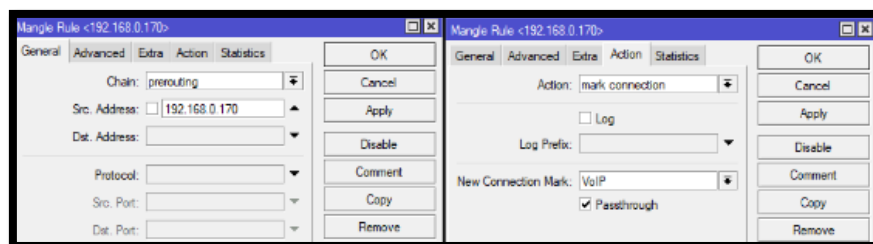
La red de la Radio Salinas está estructurada internamente con un router núcleo que maneja el direccionamiento de la red para los servidores y todos los equipos que se conecten a la red.

Para aplicar QoS, se debe realizar las configuraciones en los router Mikrotik que se encuentra en las queseras ya que es por donde pasará todo el tráfico cuando se haga peticiones al servidor.

Se debe tomar en cuenta el cálculo de ancho de banda previamente realizado para VoIP y conocer el valor que ocuparía la telefonía IP con respecto al ancho de banda total y dar QoS a la voz. En la red interna de Salinas el servidor de VoIP maneja la dirección IP estática 192.168.0.170 a esta IP se le debe dar prioridad en la red, primero se le va dar 160 kbps de ancho de banda.

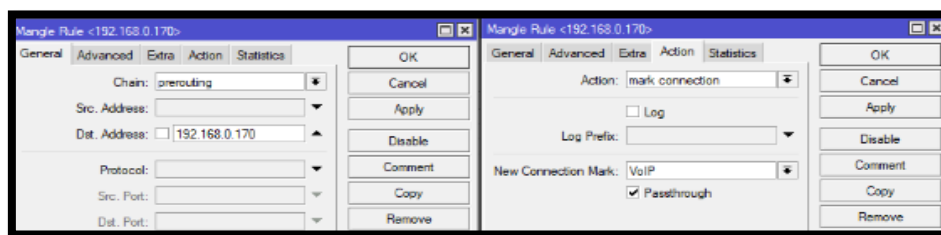
Se procede a marca los paquetes mediante la opción IP, luego firewall y en la pestaña mangle se agrega la IP del servidor para la conexión de paquetes, se configura como indica la figura 4.9 para la entrada de paquetes y la figura 4.10 para la salida de paquetes.

Figura 4.9 Configuración para marcar paquetes de salida



Marcado paquetes de salida en router Mikrotik, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

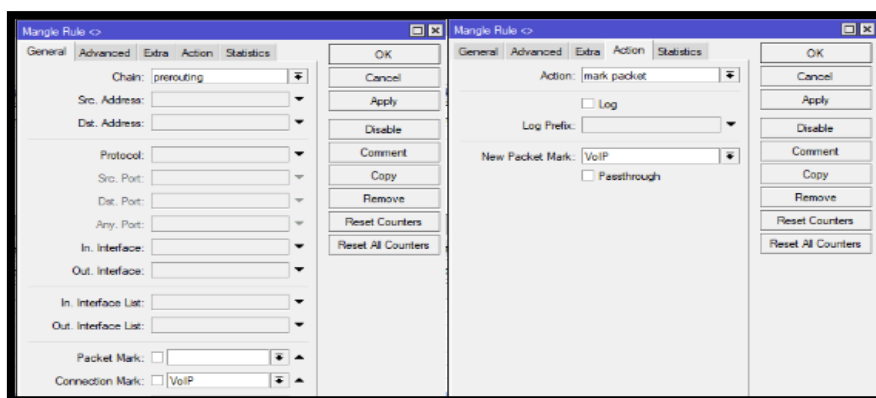
Figura 4.10 Configuración para marcado de paquetes de entrada



Configuración marcado de paquetes en un router, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Finalmente, en mangle se agrega una última regla para el marcado de paquetes de VoIP tal como se muestra en la figura 4.11.

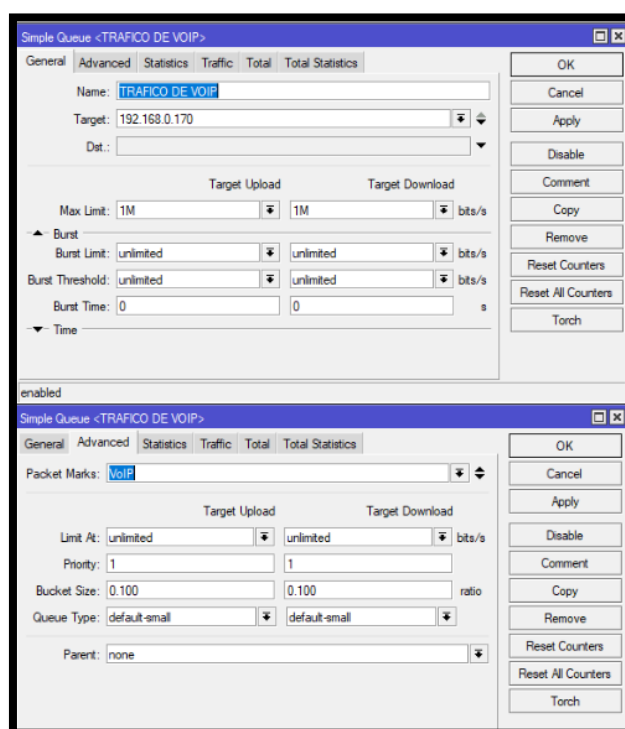
Figura 4.11 Configuración de marcado de paquetes de VoIP



Configuración de marcado de paquetes de VoIP en router Mikrotik, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

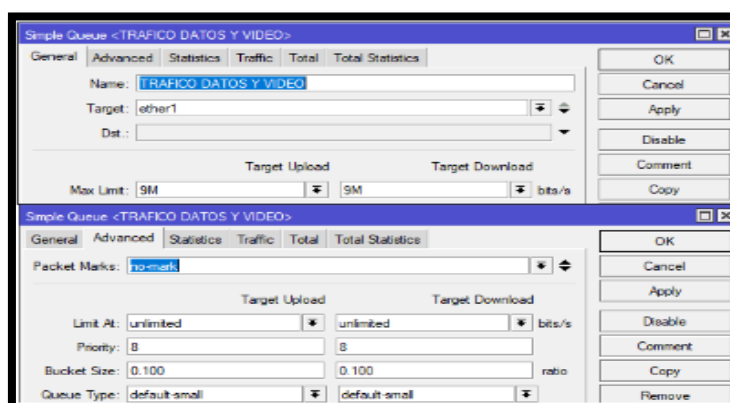
Ahora se reserva en Queue el ancho de banda para VoIP y para el demás tráfico de la red. En simple Queues se agrega un Queue con la configuración que se muestra en la figura 4.15 que indica que el tráfico de voz IP va tener un ancho de banda de 1Mbps y en la pestaña de avanzado se aprecia que se ponen el paquete de marcado de voz previamente creado en mangle para darle la prioridad 1 a todo el tráfico del servidor de voz. Además, se crea otro queue como indica la figura 4.12 en donde se aprecia que todo el tráfico que no sea de voz maneja 9 Mbps y que tiene prioridad 8.

Figura 4.12 Configuración de ancho de banda y prioridad de los paquetes de VoIP.



Configuración de ancho de banda y prioridad de los paquetes de VoIP en router Mikrotik, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Figura 4.13 Configuración de ancho de banda y prioridad para el tráfico que no es de VoIP en la red la Radio Salinas.



Configuración de ancho de banda y prioridad para el tráfico que no es de VoIP en la red la Radio Salinas en router Mikrotik, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.4 Configuración ATA

Para lograr que las llamadas externas entren y salgan del sistema VoIP, es necesario configurar un Gateway de voz el cual tiene 8 puertos FSX y FXO, que son los puertos en donde se conectarán las líneas telefónicas de la PSTN.

Para administrar el dispositivo ATA se ingresa desde cualquier explorador con la dirección IP del mismo y sus debidas credenciales de logueo, en la pestaña de configuraciones básicas se realiza las siguientes configuraciones.

Figura 4.14 Configuración básica del Gateway de voz

Configurado estáticamente como:

Dirección IP:	192	168	0	40
Máscara de subred:	255	255	255	0
Enrutador predeterminado:	192	168	100	1
Servidor DNS 1:	8	8	8	8
Servidor DNS 2:	8	8	8	4

Configuración del Gateway de voz con una IP estática, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Figura 4.15 Apuntamiento al Servidor Elastix desde el Gateway de voz

Reenvío incondicional de llamadas a VOIP: 3263418 @ 192.168.10.200 : 5060

Actualizar Aplicar Cancelar Reiniciar

Todos los derechos reservados Grandstream Networks, Inc. 2006-2014

Apuntamiento al servidor Elastix desde el Gateway de voz, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

En la pestaña de configuraciones avanzadas se debe configurar los tonos de progreso como se muestra en la figura 4.10, de acuerdo al país de ubicación en este caso Ecuador ya que si no se lo hace todas las llamadas nos saldrán con un tono de llamada ocupada.

Figura 4.16 Configuración de tonos de llamada.

Tono de marcación:	f1=425@-25,f2=425@-25,c=0/0;
Tono de retorno de llamada:	f1=425@-25,f2=425@-25,c=1000/4500;
Tono ocupado:	f1=425@-11,f2=425@-11,c=370/320;
Reordenar tono:	f1=425@-11,f2=425@-11,c=370/320;
Tono de confirmación:	f1=425@-10,f2=425@-10,c=100/100;
Tono de llamada en espera:	f1=440@-13,c=300/10000-0;
Tono rápido:	f1=350@-13,f2=440@-13,c=0/0;

Configuración de tonos de progreso de llamada, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.4.1 Configuración puerto FXS (Foreign eXchange Subscriber)

Es el puerto por donde se envía corriente, tono de marcado y tensión de llamada hacia el subscriptor. La configuración del puerto FXS se muestran en la figura 4.20.

Figura 4.17 Configuración Puerto FXS

Configuración del puerto FXS del Gateway de voz, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.4.2 Configuración puerto FXO

Es el puerto por donde el dispositivo final como fax, teléfonos, centrales, etc. recibe la línea analógica y se encarga de enviar una señal de colgado o descolgado lo que se conoce como cierre de bucle. La configuración a realizar en la pestaña de puerto FXO se muestran en la figura 4.21.

Figura 4.18 Configuración del puerto FXO

Configuración del puerto FXO del Gateway de voz, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

También se deberá configurar el método DTMF preferido y códec de voz preferido según la prioridad.

Figura 4.19 Configuración del método DTMF

Elección del método DTMF, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.5 Viabilidad del proyecto

Para determinar que un proyecto es económicamente rentable para una empresa primero se debe determinar el valor de la inversión inicial, dentro de esta inversión se

incluye implementación, equipos, diseño y materiales, para luego mediante el VAN (Valor Neto Actual), el TIR (Tasa Interna de Retorno) y el periodo de recuperación de capital, verificar si es prudente invertir en determinado proyecto.

Tabla 4.2 Detalle de inversión inicial

GASTOS DE LA INVERSIÓN INICIAL			
Cantidad	Descripción	V. Unitario (USD)	V. Total (USD)
1	Central Telefónica (Servidor)	500,00	500,00
1	Router	745,00	745,00
1	Switch Capa 3	3.800,00	3.800,00
14	Antena Ubiquiti	-	-
1	Gateway	325,00	325,00
14	Softphone comunidades	-	-
3	Softphone radio	5,65	16,95
2	teléfonos Ip	50,00	100,00
1	Firewall	1.974,00	1.974,00
14	routers cisco	90,00	1.260,00
1	Materiales y mano de obra	2.100,00	2.500,00
TOTAL DE LA INVERSIÓN			11220,95

Detalle de la inversión inicial del proyecto de VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.5.1 VAN (Valor Neto Actual)

El Valor Actual Neto es un principio de inversión que permite determinar cuánto se va a ganar o a perder en una inversión, para saber si la inversión o proyecto puede ser viable el VAN debe ser mayor a cero; si el VAN es igual a 0, este proyecto suele descartarse; en el caso de que el VAN sea menor a cero el proyecto no es viable y se niega la inversión.

La fórmula para calcular el VAN es:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+k)^t} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde,

I_0 : inversión inicial

FNE: flujo neto efectivo

n: número de periodos de tiempo

k: tasa de descuento

Para poder determinar el VAN primero se debe calcular el FNE (Flujo Neto Efectivo), este valor se determina de la suma de egresos e ingresos provenientes del proyecto durante un periodo de tiempo.

Para conocer el FNE de este proyecto es necesario saber la cantidad de llamadas realizadas como se muestra en el anexo 4 y el valor económico que las fábricas de queso ahorrarían al implementar un sistema VoIP.

Ya que en las fábricas de queso el 70% de las llamadas se realizan a teléfonos móviles que se ubican dentro de la misma red y el 30% son a teléfonos convencionales, en la Tabla 4.3 se determina el valor promedio mensual y anual facturado, de acuerdo a los valores oficiales ofertados por CNT en su portal web para una línea comercial.

Tabla 4.3 Aproximación de gastos generados por las llamadas

Mes	Minutos	Valor min. Fijo /Móvil (USD)	Valor total Fijo /Móvil (USD)	Valor mensual (USD)
enero móvil	7644	0,145	1.108,38	1.193,56
enero fijo	3276	0,026	85,18	
febrero móvil	7134	0,145	1.034,43	1.113,94
febrero fijo	3058	0,026	79,51	
marzo móvil	8154	0,145	1.182,33	1.273,17
Marzo fijo	3494	0,026	90,84	
abril móvil	7390	0,145	1.071,55	1.153,87
abril fijo	3166	0,026	82,32	
mayo móvil	8408	0,145	1.219,16	1.312,86

Continuacion Tabla 4.3. Aproximación de gastos generados por las llamadas

Mes	Minutos	Valor min. Fijo /Móvil (USD)	Valor total Fijo /Móvil (USD)	Valor mensual (USD)
mayo fijo	3604	0,026	93,70	
junio móvil	8154	0,145	1.182,33	1.273,17
junio fijo	3494	0,026	90,84	
PROMEDIO MENSUAL				1.209,48
PROMEDIO ANUAL				14.513,76

Aproximación de gastos generados por las llamadas, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Conociendo estos valores se determina el FNE, como se muestra en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Cálculo de Flujo Neto Efectivo

Año Ingresos (USD) Egresos (USD) FNE (USD)

1	14.513,76	-120,00	14.393,76
----------	-----------	---------	-----------

Cálculo del Flujo Neto Efectivo acorde al proyecto, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

4.5.2 Cálculo del VAN

$$VAN (USD) = -11220,95 + \frac{14393,76}{(1 + 0,1)} = 1864,28$$

Con VAN (USD) = 1864,28 el proyecto es viable y se recomienda la inversión.

4.5.3 TIR (Tasa Interna de Retorno)

La tasa interna de retorno es el porcentaje que da a conocer la rentabilidad que tiene una inversión, esta puede ser de ganancia o pérdida, este también es la tasa de descuento que iguala al VAN a cero. Se calcula mediante la fórmula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FNE}{(1+TIR)^t} = 0 \quad \text{Ec. (4.2)}$$

Donde,

VAN: Valor Actual Neto (VAN=0)

FNE: flujo neto efectivo

I_0 : inversión inicial

n: número de periodos de tiempo

Al despejar la ecuación se obtiene la siguiente expresión:

$$TIR = \frac{FNE - I_0}{I_0} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

Reemplazando los valores de la inversión inicial (I_0) y del flujo neto efectivo (FNE), obtenemos:

$$TIR = \frac{14393,76 - 11220,95}{11220,95} = 0,2828$$
$$TIR = 28,28 \%$$

Con un TIR = 28,28 %, se ratifica la rentabilidad del proyecto.

4.5.4 Periodo de recuperación del capital (PRC)

El periodo de recuperación del capital indica en cuantos meses los inversionistas evidenciaran que la inversión inicial ha sido saldada totalmente, mientras más corto sea este periodo el proyecto se considerará más rentable.

$$PCR = \frac{I_0}{FNE_m} \quad \text{Ec. (.4.4)}$$

Donde,

I_0 : inversión inicial y FNE : flujo neto efectivo mensual

Para este proyecto el periodo de recuperación del capital es:

$$PCR = \frac{11220,95}{1199,48} \approx 10 \text{ meses}$$

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

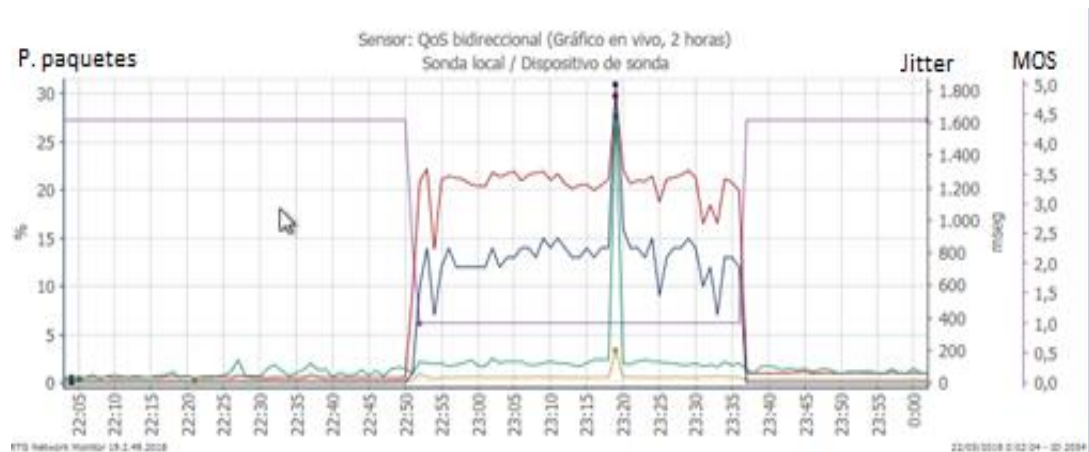
En este capítulo se presenta los resultados obtenidos tanto en simulación como en la implementación del proyecto técnico, mediante el uso de una sonda y el software PRTG en el caso de la implementación y de la configuración de un router Mikrotik en la implementación.

5.1 Análisis de las gráficas obtenidas en simulación

Los parámetros más importantes a tomar en cuenta para evaluar un sistema con calidad de servicio son: el jitter, paquetes perdidos, Variación de demora de paquetes promedio, MOS y RTT (round-trip delay time).

Los valores que muestran la figura 5.1 fueron tomados mediante un periodo de prueba de aproximadamente 2 horas, por medio de este grafico podemos observar como varia la calidad del sistema VoIP con y sin QoS (Calidad de Servicio). En la tabla 5.1 se puede ver los valores obtenidos en ambos casos.

Figura 5.1 Grafica de Resultados obtenidos en la simulación



Representación gráfica de los resultados obtenidos en simulación con y sin QoS, Elaborado por
Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Tabla 5.1 Resultados del sistema VoIP con y sin QoS

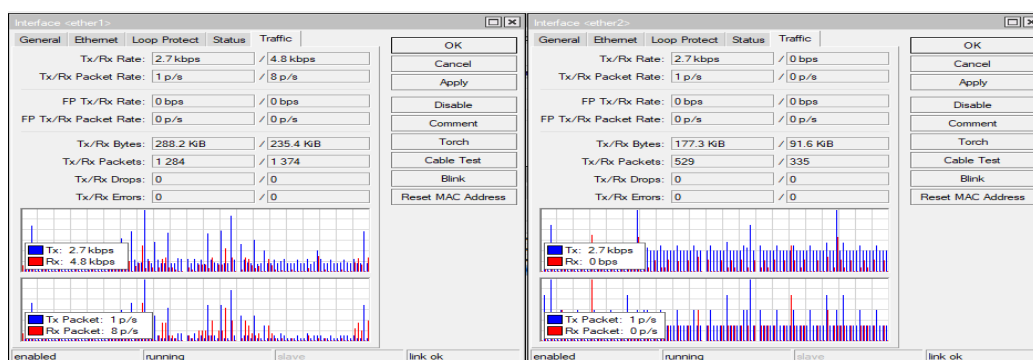
Parámetros de QoS	Sistema con QoS	Sistema sin QoS
Perdida de Paquetes	0%	76%
Jitter (Promedio)	3 mseg	130 mseg
MOS	4,4	1
RTT	23 mseg	1300 mseg
Variación de demora de paquetes promedio	1 mseg	86 mseg

Resultados del sistema VoIP con y sin QoS, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

De acuerdo a los valores obtenidos en la tabla 5.1, se puede evidenciar que, al aplicar calidad de servicio, el sistema VoIP mejora en un 70%. Haciendo una comparación con la tabla 2.5, se puede observar que los resultados al aplicar QoS están dentro de los límites aceptables.

Para la simulación realizada en Mikrotik se obtuvo una gráfica que relaciona el ancho de banda utilizado antes y después de QoS en la figura 5.2.

Figura 5.2 Ancho de banda antes y después de aplicar QoS.

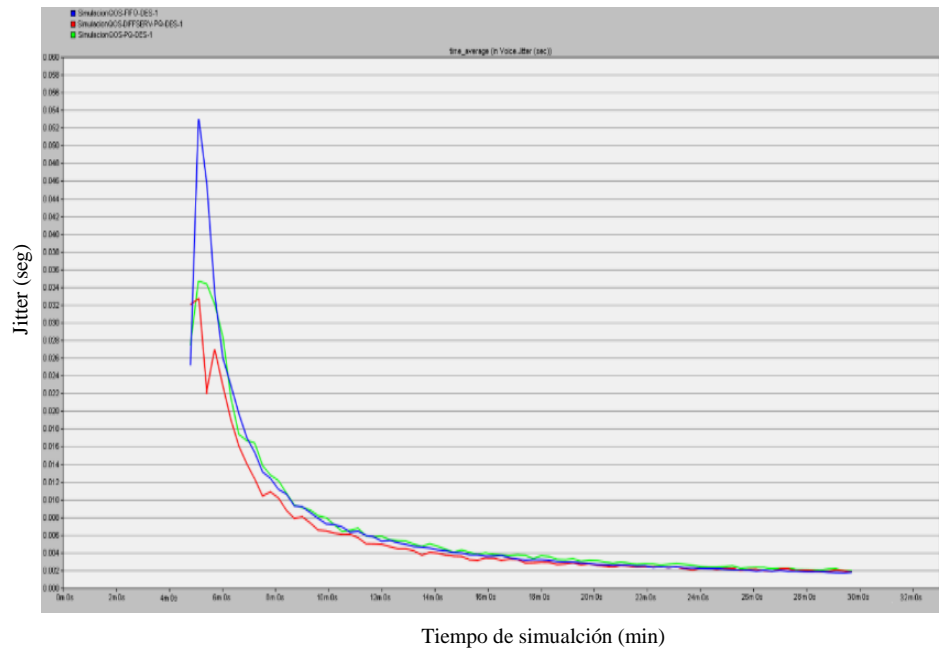


Ancho de banda antes y después de aplicar QoS, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Como se puede visualizar los recursos de ancho de banda son mejor administrados después de aplicar QoS.

De los resultados de la simulación con OPNET se optime que:

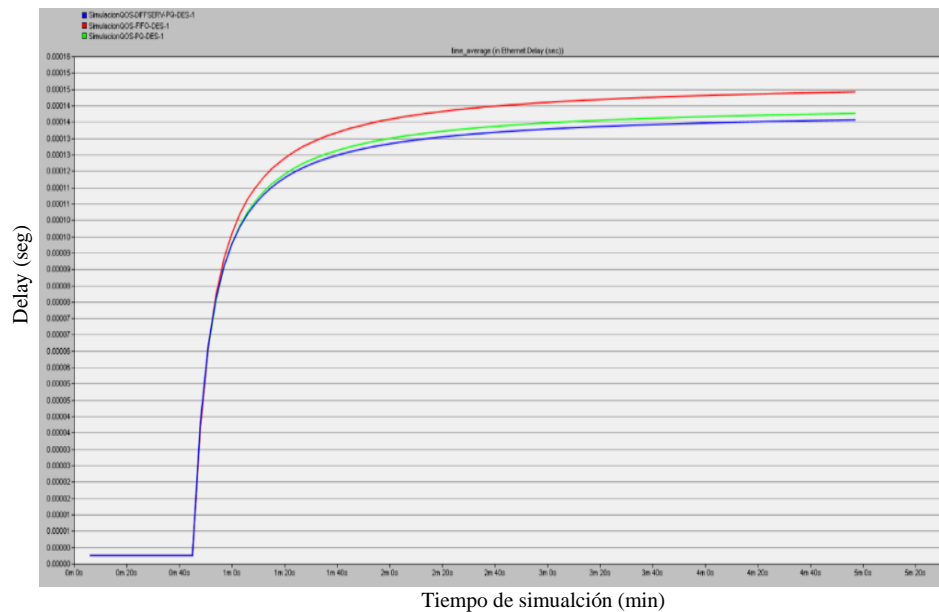
Figura 5.3 Gráfica de Jitter.



Resultados de Jitter, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Comparando el escenario en donde se aplica FIFO y Servicios Diferenciados con PQ, se puede ver que en el segundo escenario el jitter mejora en 23 milisegundos con respecto a FIFO.

Figura 5.4 Gráfica de Delay.

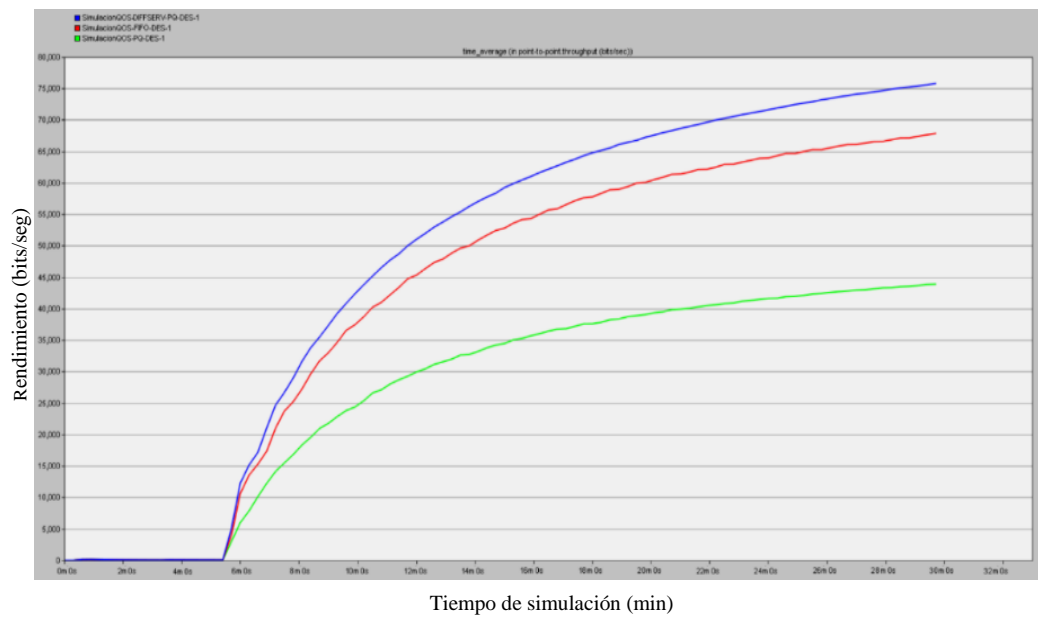


Resultados de Delay, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Comparando el escenario en donde se aplica FIFO y Servicios Diferenciados con PQ, se puede ver que en el segundo escenario el delay mejora en 0,1 milisegundo con respecto a FIFO, no se visualiza una mejora considerable sin embargo en otros parámetros la red

mejora notablemente.

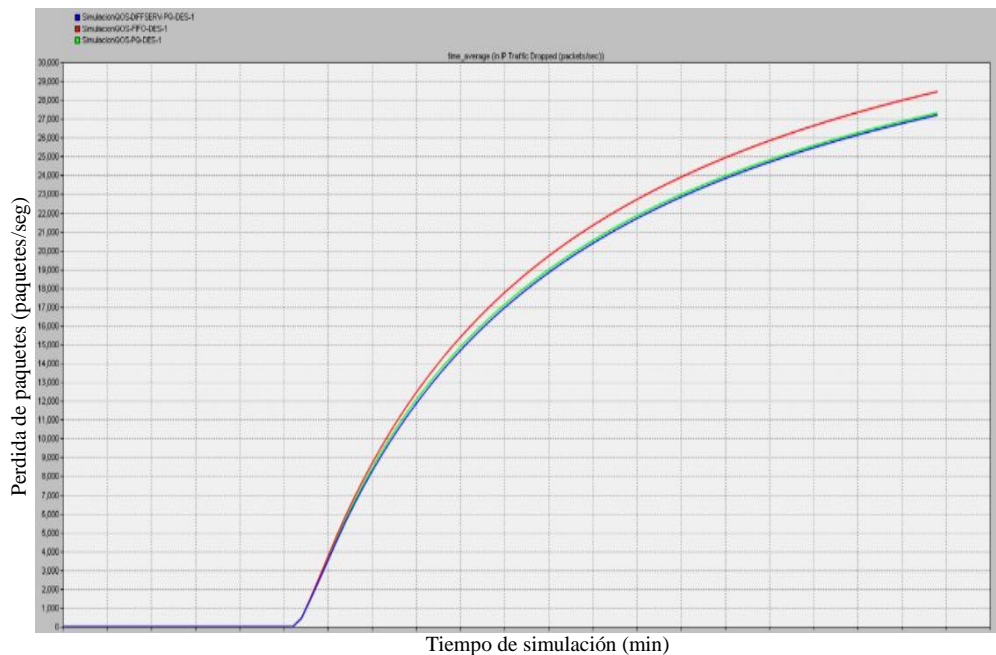
Figura 5.5 Graficas de rendimiento.



Resultados de Rendimiento, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

El rendimiento de la red al aplicar QoS mejoró presentando un aumento de aproximadamente 30000 bits/sec con respecto a FIFO.

Figura 5.6 Grafica de perdida de paquetes.



Resultados de Perdida de paquetes, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

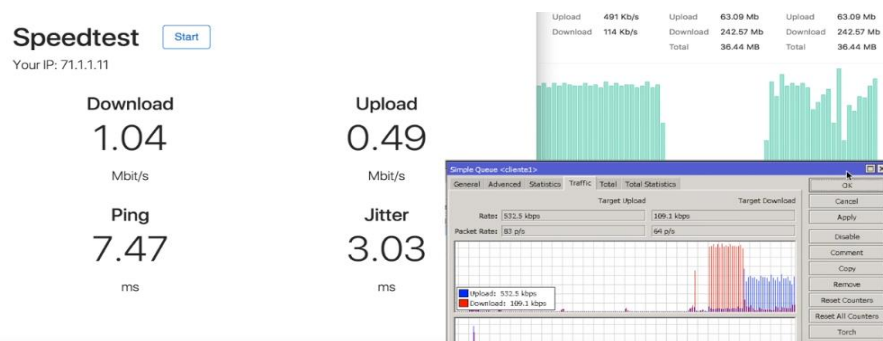
En lo que respecta a la perdida de paquetes con Servicios Diferenciados con PQ disminuye en aproximadamente 1500 paquetes por segundo.

5.2 Análisis de las gráficas obtenidas en la implementación

Dentro del equipo de Mikrotik equipo principal ubicado en la Radio Salinerito se pudo realizar una limitación de ancho de banda y aplicar QoS, dentro de las configuraciones se tomó en cuenta el criterio de colas simples, árbol de colas simples, priorización de tráfico, tipos de colas (FIFO, RED, SFQ, PCQ).

Según el tipo de tráfico de Salinerito, se realiza la respectiva priorización respecto los siguientes servicios: Voz, HTTP, HTTPS, ICMP, CORREO, TCP/UDP, videos, redes sociales. Para la voz el servicio que más interesa se le asignó prioridad 1, es decir al momento de generar tráfico de voz en la red se asignará 1M para que los paquetes de voz tengan prioridad al momento de la transmisión, se pudo comprobar al momento de realizar el testeo de velocidad tenía un ancho de banda asignado de 1M y la calidad de voz fue nítida logrando así una buena comunicación por ambas partes.

Figura 5.7 Resultados obtenidos en el Router Mikrotik



Resultado obtenido de la asignación de ancho de banda para Down load y upload, Elaborado por Johanna Cruz, Andrea Guacollantes

CONCLUSIONES

Mediante el levantamiento del TSS permitió conocer cuál es la realidad actual de la red establecida en función de ello determinar las necesidades para realizar el diseño en base a un modelo jerárquico y mejorar así la calidad de conectividad, navegación y comunicación entre todos los usuarios de la red del Grupo Salinerito.

Tener una red inalámbrica operativa y que permita la conectividad entre todos los puntos establecidos fue de gran ayuda para poder realizar la implementación del proyecto técnico debido que en base al direccionamiento actual se agregó el servidor de VoIP mediante la asignación de una IP pública donde todos los puntos debían apuntar a dicha dirección que permitan comunicarse entre sí.

Mediante la simulación realizada en GNS3 permitió determinar cuán importante es aplicar QoS en el sistema de VoIP, bajo los criterios de valores umbrales de los parámetros de calidad de servicio permitieron comparar un jitter de 3mseg, MOS de 4.4, pérdida de paquetes de un 0% dichos valores tomados del programa de monitoreo PRTG el cual fue una herramienta útil para obtener resultados con y sin QoS.

Partiendo del análisis financiero obtenido mediante el TIR, el VAN y el PCR, se determina que el proyecto es rentable para las fabricas productoras de queso, ya que, en el primer año del proyecto, este devuelve la inversión inicial y se genera ganancia.

RECOMENDACIONES

En la mayoría de las queseras se mantiene una infraestructura rudimentaria con respecto a la instalación de los equipos de comunicación por lo que se recomienda optar por la colocación de mástiles para levantar a la antena receptora y realizar un mejor cableado estructurado en todos los departamentos de la fundación.

Capacitar al personal de la Radio Salinerito y las queseras para que puedan manejar de mejor manera la central de VoIP y los dispositivos finales de telefonía instalados en equipos fijos y móviles. De esta manera el personal se hará cargo de la administración, operatividad y mantenimiento del sistema de VoIP.

Se sugiere llevar un control mensual de las llamadas realizadas dentro y fuera del sistema, para con este, poder evaluar el buen o mal uso de los recursos por parte de los usuarios y también llevar un control propio aproximado de la facturación mensual para verificar la viabilidad del proyecto.

Se recomienda respaldar toda la información en cuanto a configuraciones tanto de servidores como de dispositivos finales, ya que, si ocurriera alguna situación fuera de lo normal, esto sería crucial para reestablecer la comunicación de manera oportuna, adicional a esto es recomendable adquirir un Firewall que brinde seguridad a la red.

REFERENCIAS

- Anaya, N. (2013). *Asterisk/Issabel*. Obtenido de ElastixTech:
<https://www.adrive.com/public/mn2Ryt/MANUAL%20TEORICO%20CURS%20ENTRENAMIENTO%20ELASTIX.pdf>
- Caiza, M., & Cruz, P. (2011). Redes Convergentes. En *Diseño de una red convergente para brindar solución de voz y datos de laboratorios Life a nivel nacional* (págs. 18-33). Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- CISCO. (13 de Abril de 2017). *CISCO*. Obtenido de CISCO:
https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.html
- Criollo, L. (2015). Características de una red de datos. En *Diseño de una red convergente de fibra óptica para interconectar los campus de la Universidad de las Américas* (págs. 28-30). Quito: Pontificia Univerdidad Católica de Ecuador.
- Cueva, M. (2010). *Diseño de una red de VoIP para el Hopital Provincial General "Isidro Ayora Loja" con calidad de servicios en un ambiente Open Source*. Cuenca.
- Escobar, M. (2012). *Telefonía y Conmutación*. Tlalnepantla: RED TERCER MILENIO S.C.
- Gerometta, O. (2010). *Introducción a Quality Service*. México- Biblioteca CCNP.
- Gorrotxategi, G., & Baz, I. (s.f.). *CURSO VOZ SOBRE IP Y ASTERISK*. Obtenido de IRONTEC : <http://www.irontec.com>
- Joskowicz, J. (2013). *VOZ, VIDEO Y TELEFONIA SOBRE IP*. Montevideo: Universidad de la República.
- Joskowicz, J. S. (2015). *Medida de la Calida de Voz en Redes IP*.
- Quiñonez, B. F. (2014). *Evaluacion de Calidad de la experiencia para servicios*. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/50505/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quispe, R., & Suárez, G. (2010). *Voz sobre IP (VoIP) y Telefonía sobre IP (ToIP)*. Universidad Rey Juan Carlos.
- Salazar, G. (2016). *Fundamentos de Qos, Cisco*. Obtenido de <https://community.cisco.com/t5/blogs-routing-y-switching/fundamentos-de-qos-calidad-de-servicio-en-cap-2-y-cap-3/ba-p/3103715>

ANEXOS

Anexo 1 Protocolos VoIP

Protocolo SIP (Protocolo de Inicio de Sesión) para telefonía IP

Es el protocolo para voz sobre IP más utilizado debido a su poca complejidad, permite iniciar, modificar, interactuar, finalizar sesiones de voz, video, servicio de mensajería, etc., entre usuarios de una misma red en un modelo de cliente-servidor. Cada usuario SIP se puede localizar por una dirección utilizando el URL SIP parecido al URL de HTTP, SIP necesita de RTP (Protocolo de tiempo real) para transporta el contenido de voz por la red.

Protocolo H323 para telefonía IP

Es una recomendación ITU, que consta de conjunto de normas responsable de la codificación, empaquetado, decodificación de señales de audio y video, mediante elementos como gatekeeper, Gateway de voz, MCU (Multipoint Control Units), equipos terminales, extremo y entidad, para la señalización y el control de llamadas, para redes que no garanticen calidad de servicio.

Protocolo IAX2 para telefonía IP (Inter Asterisk Exchange)

El protocolo IAX2 utilizado más por PBX que tienen servidores Asterisk. Su diseño se basó en los protocolos como SIP y MGCP (Media Gateway Control Protocol), puede manejar gran cantidad de codecs de VoIP y streams lo que lo hace útil para videoconferencia. IAX2 minimiza el ancho de banda para el control, proporciona transparencia con NAT (Network Address Translation), transmite información de plan de marcado y soportar la implementación eficiente de funciones de intercomunicador haciéndolo un protocolo robusto.

Protocolo RTP para telefonía IP

Es utilizado para transportar datos de telefonía en tiempo real, garantizando la calidad de servicio. Tiene un doble direccionamiento IP para realizar las sesiones de multiplexación, además de poseer un checksum para la detección de errores. RTP encamina los datos de voz ya que contiene información para identificar y gestionar llamadas, así como la información y numero de secuencia que da la fuente de sincronización.

Anexo 2 Códecs de audio para VoIP.

Códec de audio	Algoritmo	Ancho de Banda (kbps)	Muestreo (kHz)	Detalles
G.711	PCM (Pulse code modulation)	64	8	Retardo aproximado de 10ms. De uso universal con dos versiones u-law (Japón) y a-law Europa.
G.722		48, 56 o 64	16	Se usa para servicio de VoIP de banda ancha.
G.722.1		24 o 32	16	Codificación para sistemas sin manos con bajas pérdidas de paquetes, retardo de 40ms.
G.723.1	CELP (Code-excited linear prediction)	5.6 o 6.3	8	Utilizado para comunicaciones multimedia
G.726	ADPCM (Adaptive differential pulse code modulation)	16, 24, 32 o 40		Tiene alta calidad y baja complejidad.
G.727	ADPCM (Adaptive differential pulse code modulation)	16, 24, 32 o 40		Tiene relación con G.726
G.728	LD-CELP (Code-excited linear prediction)	16	8	Alta calidad para acceso Tándem, recomendado por cable.
G.729	CS-ACELP (Coding of speech at 8 kbps using code-excited linear prediction speech coding)	6.4, 8 o 11.8	8	De gran uso por bajo ancho de banda y alta calidad. Retador de 15ms

Códec de audio	Algoritmo	Ancho de Banda (kbps)	Muestreo (kHz)	Detalles
GSM	RPE-LTP (Regular Pulse Excitation LongTerm Predictor)	13	8	Se usa para tecnología GSM.
Speex		8, 16 o 32	4-44.2	Varia la capacidad de transmisión dependiendo de las condiciones de la red
Iibc	GIPS (Global IP Sound)	13.3 o 15.2		La relación de ancho de banda por calidad de voz es buena a medida que aumenta la carga computacional

Anexo 3 Enlaces de red telefónica

Enlace	Capacidad	Detalle
DS0	64 kbps	Instalación sencilla con mayor capacidad que una línea telefónica privada a un costo fijo.
EO	64 kbps	Instalación compleja puede aumentar la capacidad más que DS0 con mayor costo.
T1	1.544 Mbps	Enlace dedicado de 24 circuitos DS0.
E1	2.048 Mbps	Enlace dedicado de 32 circuitos DS0.
FE1	Nx64 kbps	Cuando no se requiere usar todos los canales de E1, se puede usar algunos.
Sonet		Circuitos ópticos, con tecnología de fibra óptica.

Anexo 4 Valores umbrales de QoS para VoIP

VOZ	Valores recomendados
Latencia	Menor a 150ms
Jitter	Menor a 100 ms
Pérdida de paquetes	No debería superar el 1%
Ancho de banda requerido	Depende del codec a usar

Anexo 5 Marcado de Trafico según Ethernet 802.1q

VALOR	DESCRIPCIÓN
110(6)	Routing
101(5)	Voice (Trafico VoIP)
100 (4)	Video Conferencia
011(3)	Aplicaciones de misión crítica
010(2)	Datos de prioridad Alta
001(1)	Datos de prioridad media (transaccional)
000(0)	Datos de prioridad Baja (Best Effort)

Anexo 6 Mapa productivo del Salinerito



Anexo 7 Características técnicas de los Softphones

Marca	Zoiper Classic	X lite	3CX
Costo	\$5,65 (Premium) \$0 (Vers. Limit.)	\$0	\$4,95
Requisitos	Windows, Mac, Linux o Android, una conexión a Internet y auriculares USB.	W7, W8 o W10, Mac OSX 10.10 o 10.11 o Android conexión a Internet; y auriculares USB para llamadas de voz y video.	W7,W8,W9, internet y auriculares
Versión de prueba	Si	No	Si
Funciones	Llamadas de voz, gestión de contactos y llamadas, fax.	Llamadas de voz, videollamadas, mensajería instantánea, conferencias.	Llamadas de voz, videollamada, correo de voz, gestión de contactos, historial de llamadas, mensajería instantánea, desvío de llamadas, saludos de correo de voz e interfaz amigable.

Anexo 8 Características técnicas del Firewall

Salida Firewall	300mbps
Número de conexiones VPN	250
Número de usuarios	500
Memoria interna	256 MB
Memoria flash mínima	64 MB

Características técnicas del software recomendado en el diseño del sistema VoIP, Elaborado por Johanna Cruz & Andrea Guacollantes.

Anexo 9 Promedio de llamadas realizadas diarias, semanales y mensuales

TOTAL DE LLAMADAS REALIZADAS					
	DIARIAS	SEMANAL	MENSUAL	MENSUAL MOVIL	MENSUAL FIJO
Enero	30	210	5460	3822	1638
Febrero	28	196	5096	3567	1529
Marzo	32	224	5824	4077	1747
Abril	29	203	5278	3695	1583
Mayo	33	231	6006	4204	1802
Junio	32	224	5824	4077	1747
PROMEDIO	31	215	5581	3907	1674

Anexo 10 Tarifario CNT para líneas comerciales

Tarifas										
Plan	Inscripción	Pensión Básica Mensual	Tarifas fuera del plan							
			Locales		Nacionales		Celulares			Larga distancia
			Onnet	Offnet	Onnet	Offnet	CNT Móvil	Movistar	Claro	
Comercial	\$ 60,00 *	\$ 12,00 *	\$ 0.024*	\$ 0,028 *	\$ 0,056 *	\$ 0,112 *	\$ 0,12 **	0,13 *	\$ 0.13 *	Ver tarifas
	\$ 67,20	\$ 13,44	\$ 0.02688	\$ 0,03136	\$ 0,06272	\$ 0,12544	\$ 0,1344	\$ 0,1457	\$ 0,1457	
	INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP	INCL IMP	

Anexo 11 Ejemplo fast test en las comunidades



Anexo 12 Configuración de prefijos Elastix

Dial Patterns that will use this Route

(prepend) + prefix	[1700	/ CallerID	
(prepend) + prefix	[1800	/ CallerID	
(prepend) + prefix	[911	/ CallerID	
(prepend) + 3	[ZXXXXXX	/ CallerID	
(prepend) + prefix	[0[2-7]ZXXXXXX	/ CallerID	
(prepend) + prefix	[09[1-9]XXXXXX	/ CallerID	
(prepend) + prefix	[match pattern	/ CallerID	

Anexo 13 Resultados PRTG

Canal ▼	ID	Último valor	Mínimo	Máximo	
Jitter máximo	8	21 mseg	4 mseg	2.012 mseg	
Jitter mínimo	6	1 mseg	0 mseg	10 mseg	
Jitter promedio	7	14 mseg	3 mseg	130 mseg	
MOS	12	4,4	1,0	4,4	
Paquetes corruptos	5	0 %	0 %	0 %	
Paquetes duplicados	4	0 %	0 %	0 %	
Paquetes fuera de se...	3	0 %	0 %	0 %	
Paquetes perdidos	2	0 %	0 %	76 %	
RTT (máximo)	15	130 ms...	37 mseg	18.433 mseg	
RTT (mínimo)	14	34 mseg	0 mseg	1.296 mseg	
RTT (promedio)	13	63 mseg	28 mseg	5.037 mseg	
Tiempo al último paq...	0	20.929 ...	14.611 mseg	28.677 mseg	
Tiempo de inactividad	-4				
Variación de demora ...	11	87 mseg	10 mseg	16.665 mseg	
Variación de demora ...	9	-50 mseg	-16.694 mseg	-10 mseg	
Variación de demora ...	10	0 mseg	-1 mseg	86 mseg	

Anexo 14 TSS Verdepamba

NOMBRE DEL SITIO	Verdepamba		
CIUDAD	Salinas	PROVINCIA	Bolívar
DIRECCIÓN	Salinas de Guaranda		

INFORMACIÓN INICIAL POR SITIO

COORDENADAS (WGS 84)		
LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
1° 23' 24" S	79° 00' 32" W	3700

TIPO DE ACCESO PARA TRASLADO E INSTALACIÓN DE EQUIPOS			
Vía pavimentada	<input type="checkbox"/>	Camino mular	<input type="checkbox"/>
Vía lastrada	<input checked="" type="checkbox"/>	Acceso sólo a pie	<input type="checkbox"/>
Vía empedrada	<input type="checkbox"/>	Acceso temporal (sólo en verano)	<input type="checkbox"/>
Otro:			

DATOS DE INFRAESTRUCTURA DEL SITIO

2.1.- Caseta sobre terreno ☒ Exterior ☐ Caseta sobre terraza ☐ temporal ☐
 Montaje en pared ☐

Otro:

2.2.- Tipo de material de la caseta:

Bloque ☒ Madera ☐ Hormigón ☐ Ladrillo ☐

2.3.- Tipo de infraestructura

Torre autosoportada ☐ Torre no autosoportada ☐ Empotramiento en una edificación ☐

Mástil ☐ Otros: Sostenido en un palo de escoba.

2.4.- Altura de la infraestructura 3 metros

2.5.- Existe aire acondicionado? Si ☐ No ☒

2.6.- Existe ventilación? Si ☒ No ☐

2.7.- Tipo de fuente de energía

Línea comercial ☒ Banco de baterías ☐ Generador ☐ UPS ☐

Otro:

2.8.- Los cables de energía se encuentran etiquetados tanto origen como destino?

Si ☐ No ☒

2.9.- El lugar posee algún tipo de alarma de seguridad? Si ☐ No ☒

EQUIPOS DE RED Y COMUNICACIONES

PROVEEDOR DE SERVICIO			
CNT	<input type="checkbox"/>	TELECOM	<input type="checkbox"/>
CLARO	<input type="checkbox"/>	TELEFÓNICA	<input type="checkbox"/>
TELCONET	<input type="checkbox"/>	PUNTO NET	<input type="checkbox"/>

Otro: ISP Privado

3.1.- Velocidad Uplink: 2,81 Mb

3.2.- Velocidad Downlink: 2,74 Mb

3.3.- Ancho de banda: 3 Mb

3.4.- Tipos de servicios de que brinda la red

Telefonía IP ☐ Internet ☒ Video ☐ Datos ☐

Otros:

3.5.- Tipo de enlace de la red:

Cobre ☐ Fibra ☐ Inalámbrico ☒

3.6.- Si es un enlace inalámbrico a que frecuencia trabaja: 2.4 Ghz

3.7.- Número de antenas presentes en el lugar: 1

Tipo de antena	Marca	Modelo	Cantidad
Sectorial	Ubiquiti	LOCO NSM2	1

3.8.- Altura base antena: 3 metros

3.9.- Tipos de cable utilizado en la antena: UTP cat 5

3.10.- Tipo de conector de la antena:

RJ-45 ☒ Tipo N ☐ DIN 7/16" ☐

3.11.- Distancia del cable: 6 metros

3.12.- EQUIPOS DE RED

Tipo de equipo	Marca	Modelo	Número de puertos	Cantidad
router	TP-Link	TL-WR940N	5	1

Todas las etiquetas, códigos de barra, números de serie y señalizaciones están completas o legibles.	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
Los conectores y cables de los diferentes señales eléctricas y ópticas están sujetos correctamente	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
Cuarto de equipos posee rack	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
Tanto conectores como cables de red no presentan daño alguno durante su recorrido	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
Tiene cableado estructurado	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>